



Risøs indsats i forbindelse med Energiministeriets forskningsprogrammer.
Status ultimo december 1983.

Forsøgsanlæg Risø, Roskilde

Publication date:
1984

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Forsøgsanlæg Risø, R. (1984). *Risøs indsats i forbindelse med Energiministeriets forskningsprogrammer. Status ultimo december 1983*. Danmarks Tekniske Universitet, Risø Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi. Risø-M No. 2433

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

RISØ-M-2433

**RISØS INDSATS I FORBINDELSE MED ENERGIMINISTERIETS
FORSKNINGSPROGRAMMER**

Status ultimo December 1983

Abstract

Risø har siden 1978 haft ansvaret for mange projekter under de energiministerielle forskningsprogrammer. I denne rapport gives en status for de igangværende projekter samt en omtale af en række afsluttede, dels ved en almen beskrivelse af arbejdet, dels ved en summarisk omtale af de opnåede resultater. En nøjere gennemgang af mange projekter kan findes i referencelisten. Sluttelig omtales Risøs bidrag til organisation og administration af energiforskningsprogrammerne.

**INIS descriptors: ENERGY, RESEARCH PROGRAMS, RISØE
NATIONAL LABORATORY**

UDC 620.9.001.5 : 061.62

Juni 1984

Forsøgsanlæg Risø, 4000 Roskilde, Danmark

<u>INDHOLDSFORTEGNELSE</u>	Side
INDLEDNING	7
Status for Risøs EM- og EFP aktiviteter	7
2. INDUSTRIELLE PROCESSER OG APPARATER	
2.1. Udvikling og afprøvning af iltionledere til iltmåling i røggasser	9
2.2. Organic Rankine Cycle teknik	10
2.3. Anvendelse af termopervaporationsprocesser til adskillelse af vand-alkohol blandinger	10
3. ENERGIANVENDELSE I JORDBRUGSSEKTOREN	
3.1. Kvælstoffersyning ved symbiotisk kvælstofbinding	13
4. TRANSPORTSEKTOREN	
4.1. Større trykbeholdere i fiberforstærket plast . .	15
5. OLIE OG NATURGAS	
5.1. Simulering af olie og naturgasreservoirer ved hjælp af edb-modeller m.v.	16
5.2. Udredningsstudie vedr. to-fase strømnings- modeller for olie/gas rørledninger	18
6. KUL	
6.1. Karakterisering af polycyklisk organisk materiale (POM) i røggasser fra kulfyrede forbrændingsanlæg og undersøgelse af deres omdannelse i atmosfæren	20
6.2. Højtemperatur korrosion - Metal Dusting	21
6.3. Udvikling af edb-model til vurdering af miljø- effekter ved forskellige energiforsynings- alternativer	21
6.4. Forundersøgelse vedrørende tryksat fluid-bed kulforbrænding, PFBC	22
7. URAN	
7.1. Udvinding af Kvanefjeldets uran	26

	Side
8. FUSION	
8.1. Det generelle fusionsforskningsprogram på Risø	32
8.2. Pilleinjektion	35
10. VINDENERGI	
10.1. Prøvestationen for mindre vindmøller, vindkraftteknologisk udvikling	36
10.2. Nordisk vindmøllekatalog	38
10.3. Vind/diesel projekt	38
10.4. Tilskud til Horsens Teknikum og TEEO projektet .	39
10.5. Vindfeltets ændring på mesoskala, JYLEX	39
10.6. Strømning over bakker	41
10.7. Norm for belastninger på vindmøllekonstruktioner	42
10.8. Veksellasters betydning for udmattelse af vind- møllerotorer	43
10.9. Kompositmaterialer	44
11. BIOMASSE	
11.1. Kemisk konvertering af biomasse	45
13. VARMEPUMPER	
13.1. Gasdrevet varmepumpe	46
13.2. Absorptionsvarmepumpe - Risø	46
15. ENERGILAGRING	
15.1. Undersøgelse af lithiumlegeringer	48
15.2. Li-anoder (Risø/Hellesen projekt)	48
15.3. Kemisk energilagring ved hjælp af metalhydrider	49
15.4. Materialeforskning til batterier og brændsels- celler	51
15.5. Varmelagring i grundvandsreservoir	52
15.6. Forundersøgelse vedrørende lavtemperatur- varmelager	53

	Side
15.7. IEA-samarbejde vedrørende varmelagring i grundvandsreservoirer	53
18. UDREDNING OG DOKUMENTATION	
18.1. Den teknologiske udvikling og dennes betydning for udformningen af det frem- tidige energisystem	54
18.2. Edb registrering af dansk energi FoU	55
18.3. Information	56
RESSOURCER	57
RISØ REPRÆSENTATION I STYREGRUPPER	60
REFERENCELISTE	61
APPENDIX	67

INDLEDNING

Udbygningen af dansk energiforskning er siden 1976 sket gennem 2 handelsministerielle og 4 energiministerielle programmer, hvortil der er bevilget 747 millioner kroner. Energiministeriets forsøgsanlæg Risø har som projektledende institution fået ansvaret for ca. 17% af disse midler og som projektdeltager for yderligere ca. 2% af bevillingerne.

Risøs engagement i energiforskningsprogrammerne spænder over et bredt felt, og her gives en beskrivelse af aktiviteterne i fortsættelse af tidligere beskrivelser, ref.1.1., således som de har udviklet sig i 1983.

Risø har løbende bidraget til den organisation, der planlægger, styrer og vurderer programmerne. Dette engagement omtales kort.

Overvejelser vedrørende Risøs faglige og organisatoriske baggrund for at påtage sig forskningsprojekter i forbindelse med de energiministerielle forskningsprogrammer samt om Risøs mulige indsatsområder i de kommende programmer er ikke behandlet i denne faglige statusrapport. Disse overvejelser finder løbende sted i forbindelse med Risøs programlægning.

STATUS FOR RISØS EM- OG EFP-AKTIVITETER

I det følgende gives først en række beskrivelser af de projekter, som gennemføres på Risø som dele af de energiministerielle programmer. Dernæst bringes en række oplysninger om de ressourcer, der er tildelt aktiviteterne fra energiforskningsprogrammerne.

For overskuelighedens skyld er aktiviteterne grupperet, opstillet og nummereret i den rækkefølge, som normalt benyttes i EFP-planer. Inden for de enkelte hovedområder er projekterne stort set opstillet kronologisk med de ældste først.

Mange projekter har været omtalt i den tidligere statusrapport (ref.1.) og er derfor kun omtalt summarisk her. Nyere projekter har fået en mere detaljeret omtale. Endelig er enkelte afsluttede projekter blevet udførligt beskrevet med resumering af de væsentligste resultater. For mange projekters vedkommende kan mere udførlig information hentes i referencerne.

Det vil fremgå af beskrivelsen af projekterne og af referencelisten, at selvom hovedvægten af indsatsen er lagt på energikonvertering, -lagring og -anvendelse, så spiller den miljømæssige side af forskningen en ikke uvæsentlig rolle, både hvad angår forbrændingsprocessen, spredning af forbrændingsprodukter og de kemiske forhold i jordbunden.

Det skal sluttelig bemærkes, at de beskrevne aktiviteter kun vedrører energiforskningsprogrammerne til og med EFP-83. Risøs andel i EFP-84 omtales kort i appendix 1.

ENERGIANVENDELSE⁺)

+) 2. Industrielle processer og apparater

2.1. Udvikling og afprøvning af iltionledere til iltmåling i røggasser.

Formålet med dette projekt er at udvikle nye iltionledere (dopede oxider) med en høj ionisk ledningsevne. Disse vil med fordel kunne anvendes i målesonder for iltmåling i røggas ved temperaturer i området 400-500°C. Under arbejdet er metoder udviklet til fremstilling af iltionledermembraner i form af tynde skiver og rør. Disse omfatter kemisk fældning, calcinering og formaling, presning (rør-isostatisk presning) samt højtemperatur (1550°) sintring i luft. Indsatsen er koncentreret om iltionledere af doped cerium oxid, der har vist sig at have betydelig højere ledningsevne end doped zirconium oxider, der hidtil har været anvendt til iltmålesonder. I forbindelse med dette projekt er udviklet udstyr til bestemmelse af elektriske egenskaber (ac- og dc ledningsevne) af de udviklede materialer.

Projektet er afsluttet med udgangen af 1983.

Der er indledt et samarbejde med en dansk virksomhed om udvikling af højtemperatur iltmåleceller bl.a. baseret på de iltionledere, der er udviklet inden for dette projekt. Da iltionledere med høj ledningsevne også vil kunne anvendes som faststofelektrolyt i brændselsceller og ved højtemperatur elektrolyse (fx brintfremstilling ved elektrolyse af vanddamp), er der udarbejdet EF- og EFP-forslag inden for disse områder.

+) Titel og nummer på afsnit følger EFP praksis.

2.2. Organic Rankine Cycle Teknik

Risø har i samarbejde med firmaet Thomas Sabroe & Co. udviklet og opført et demonstrationsanlæg til produktion af 100 kW elektricitet på grundlag af lavtemperatur industriel overskudsvarme.

Anlægget, som er baseret på Organic Rankine Cycle teknik, er installeret på et fælleskommunalt affaldsforbrændingsanlæg i Roskilde.

Arbejdet blev påbegyndt i 1981 og nåede et foreløbigt højdepunkt med anlæggets opstart i august 1983.

Projektet befinder sig nu i demonstrations- og dokumentationsfasen, som har en planlagt varighed frem til begyndelsen af 1985. På grundlag af måleresultater og øvrige indhøstede er en videreudvikling og forbedring af systemet påbegyndt. Det er hensigten at foretage en markedsundersøgelse med henblik på salg og fabrikation i bestræbelserne på at reducere industriens energiforbrug. Nøjere beskrivelse af projektet findes i ref. 2.1.

2.3. Anvendelse af termopervaporationsprocesser til adskillelse af vand-alkohol blandinger.

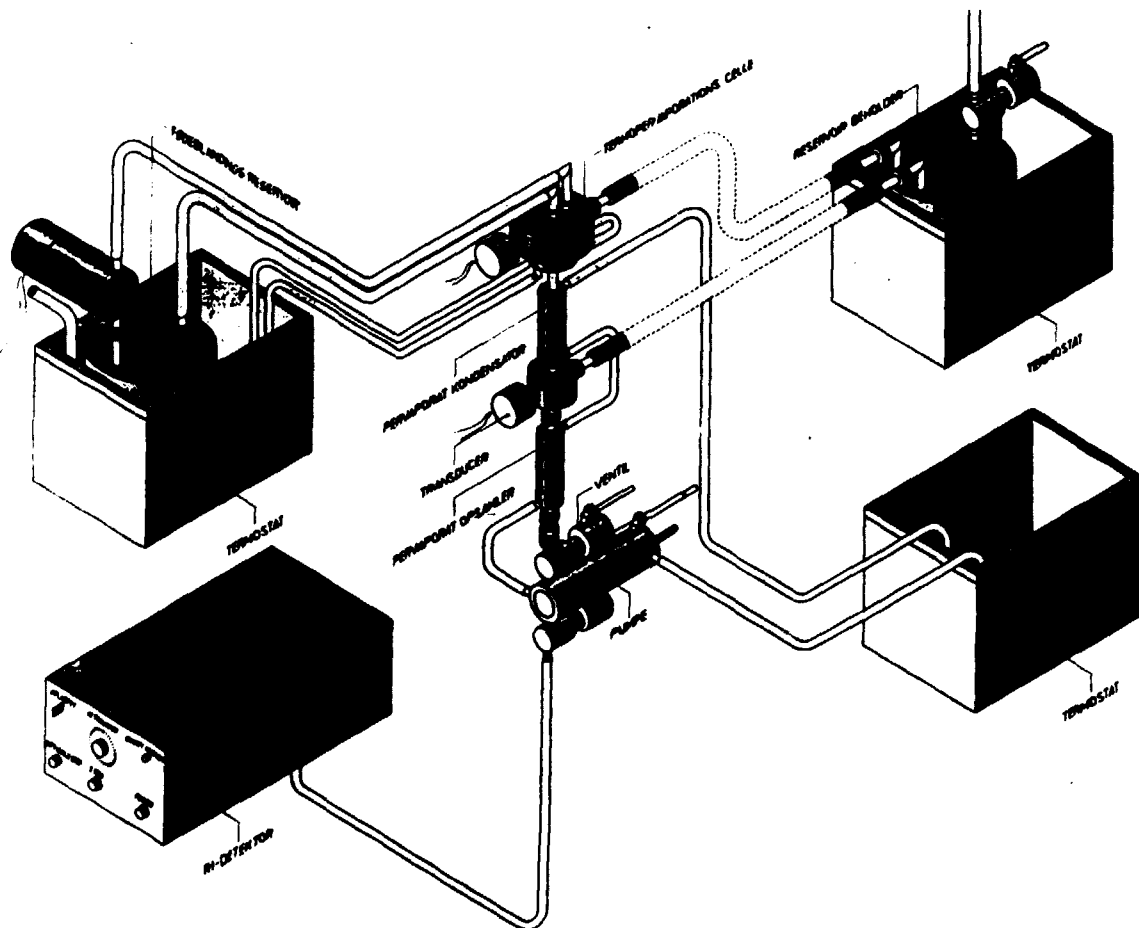
Vand-alkohol blandinger adskilles normalt, ligesom mange andre flydende blandinger, ved destillation - hvori den fundametalte proces er en delvis fordampning (vaporation) af den flydende blanding (fødeblandingen). Adskillelsen fremkommer ved, at dampfasen har en anden sammensætning end den flydende fase, hvorfra fordampningen foregår. Ved destillation er sammensætningen af dampfasen i forhold til den flydende fase - og dermed adskillelsesgraden - kun afhængig af blandingsens egne termodynamiske egenskaber, og der er ikke store muligheder for større variation ved at ændre de termodynamiske

Pervaporation betyder "fordampning igennem" - og det man fordamper igennem er en membran, er en tynd polymer film, der er permeabel (gennemtrængelig) for eet eller flere af de stoffer, der findes i fødeblandingen. Betegnelsen "pervaporation" dækker over en sammensat proces, hvor første trin er, at stofferne fra fødeblandingen opløses i membranen på den side, der vender mod fødeblandingen - andet trin er, at stofferne transporteres ved diffusion igennem membranen, og tredje trin at stofferne på den modsatte side af membranen afgives til en dampfase. Herved bliver adskillelsesgraden ikke alene afhængig af fødeblandingsens egne termodynamiske egenskaber, men også af de enkelte stoffers opløselighed i membranmaterialet samt af deres diffusionshastighed i dette. Med passende valg af membranmateriale kan pervaporation derfor anvendes til adskillelse af blandinger, der vanskeligt eller slet ikke lader sig adskille ved simpel destillation.

Forstavelsen "termo" i betegnelsen termopervaporation refererer til den måde, processens produkt (pervaporatet) bringes på flydende form - nemlig ved kondensation ved en temperatur, der er noget lavere end fødeblandingsens temperatur og således, at det kondenserede pervaporat selv opretholder og bestemmer det lave tryk på dampfasesiden af membranen. Denne metode er mere energiøkonomisk end den oprindeligt for pervaporationsprocessen benyttede, hvor man opretholdt det lave tryk ved hjælp af en vakuumpumpe og kondenserede pervaporatet ved meget lave temperaturer.

I oktober 1983 startedes et EFP projekt omhandlende adskillelsen af vand-alkohol blandinger ved termopervaporation. Systemet vand-alkohol er valgt, dels fordi det anvendes af et bredt udsnit af den danske industri, og dels fordi adskillelsen ved destillation, for høje alkoholindhold, er vanskelig og meget energikrævende. Projektet består i, ved hjælp af det i figuren viste apparatur, at finde membranmaterialer, der er specielt velegnede til adskillelse af vand-alkohol systemet

og at belyse de tekniske problemer ved processen - samt at give en bedømmelse af tekniske industrielle udviklingsmuligheder og de energiøkonomiske aspekter i relation til destillationsprocessen. Projektet løber til og med 1985.



Apparatur til termopervaporation

3. Energianvendelse i jordbrugssektoren

3.1. Kvælstofforsyning ved symbiotisk kvælstofbinding

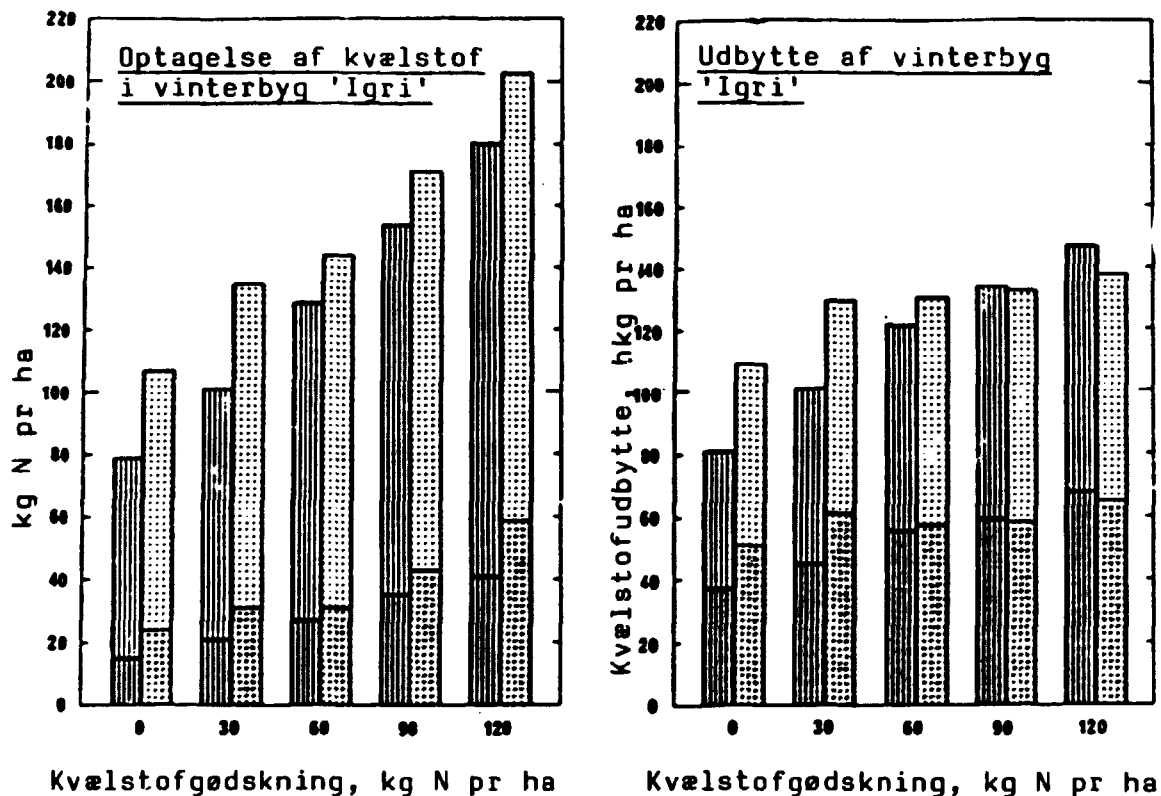
Et projekt i Landbrugsafdelingen har til formål at belyse mulighederne for øget udnyttelse af den symbiotiske kvælstofbinding i landbrugets planteproduktion. Bælgplanter kan i symbiose med visse jordbakterier udnytte atmosfærens kvælstof. Projektet har især været koncentreret omkring ært, idet det må formodes, at denne art er den af frøbælgplanterne, der er af størst potentiel interesse.

En forøgelse af arealet med bælgسء vil i betydelig grad kunne reducere behovet for kvælstofgødning. For hver ha, der fx dyrkes med ærter i stedet for vårbyg, vil der med det nuværende forbrug af handelsgødning direkte kunne spares ca. 120 kg kvælstof. Hertil kommer ærteafgrødernes forfrugtværdi, som med den rette dyrkningsteknik alene første år vil svare til 30-50 kg kvælstof/ha. Foruden at reducere behovet for N-gødning vil øget bælgسءs dyrkning give en betydeligt højere produktion af protein og således reducere behovet for import af proteinrige fodermidler. Under gode dyrkningsbetingelser er der opnået lige så høje frøudbytter i ært som kerneudbytter i byg, men dyrkningsstabiliteten - variation fra år til år - er ikke tilfredsstillende. Dette kan blandingkulturer måske råde bod på, idet det har vist sig, at udbyttet af ært i blandinger ikke varierede så meget som udbyttet af ært i renbestande.

Arealet af markært er i Danmark i løbet af de sidste tre år steget fra 5-6000 ha til ca. 40.000 ha, som påregnes dyrket i 1984. Også ærts dyrkning i blanding med fx byg påkalder sig interesse i praktisk dyrkning.

En større samlet rapport over de resultater, der indtil nu foreligger under projektet på Risø, forventes færdig i løbet af 1984.

Eksempler fra forsøg i 1983, der viser betydningen af kvælstof-
eftervirkningen fra dyrkning af ært ses nedenfor:



Forfrugt: ært = prikker, havre = streger

Den øverste del af søjlerne er kerne, den nederste del er halm.

Optagelse af kvælstof
i vinterbyg "Igri" som
funktion af N-gødnings-
mængden pr. ha.

Udbytte af vinterbyg
"Igri" som funktion af
N-gødningsmængden pr. ha.

Nøjere beskrivelse af projekter findes i ref. 11.1 - 11.11

4. Transportsektoren

4.1. Større trykbeholdere i fiberforstærket plast

Et projekt er indledt med henblik på etablering af dansk produktion af trykbeholdere i lette kompositmaterialer. Projektet omfatter materialevalg, design, fabrikation og prøvning af trykbeholdere. Materialet vil være glasfiberforstærket plast med højt indhold af fibre; fabrikationsmetoden vil være vikle-teknik, som sikrer en høj reproducerbarhed.

Trykbeholdere finder anvendelse til energilagring, både langvarig og kortvarig (fx ved genvinding af bremseenergi i transportmidler), og til opbevaring af komprimerede gasser (ilt, brint, kvælstof, kuldioxid). Lette beholdere vil være energibesparende ved transport, både ved brug i transportmidler og ved forsendelse af beholdere. Lette beholdere gør den manuelle håndtering nemmere og er mindre belastende for helbredet.

Beholdere af fiberforstærket plast har lav vægt, og forventelig lang levetid og god sikkerhed.

Projektet sigter mod udvikling af beholdere for større tryk (op til 400 bar) end eksisterende beholdere. Derfor kræves relativt tykvæggede beholdere og det medfører et behov for udvikling af en bedre konstruktion af endebunden. Disse forhold får dermed indflydelse på fremstillingsteknologien.

ENERGIFORSYNING

5. Olie og naturgas

5.1. Simulering af olie og naturgasreservoirer ved hjælp af edb-modeller m.v.

Den stigende offshore-aktivitet i den danske Nordsøsektor understreger behovet for en øget indsats for at udbygge dansk viden på petroleumsområdet. På denne baggrund er da også indsatsen vedrørende reservoirsimulering og dertil knyttede faglige discipliner øget væsentligt i det sidste par år.

Det første af en serie forskningsprojekter vedrørende reservoirsimulering startede i 1981 i et tæt samarbejde mellem Risø og Laboratoriet for Energiteknik, DTH. Projekterne er finansieret over midler fra EFP 81, 82 og 83 med supplerende finansiering af Risøs finanslovsmidler.

Projekterne er blevet organiseret med henblik på at udnytte og integrere eksisterende viden ved andre danske institutter og selskaber og har derved medført et samarbejde med Energistyrelsen (ENS), DGU, D.O.N.G., Cowiconsult samt en række institutter ved DTH. Med henblik på at fremme et effektivt samarbejde er der etableret en referencegruppe med deltagelse fra de ovenfor nævnte. Endvidere er der etableret et samarbejde med Institutt for Energiteknikk (IFE, Kjeller, Norge), ligesom der er etableret gode kontakter til en række andre udenlandske institutter.

Arbejdet i Risøs reservoirgruppe, placeret i Energiteknikafdelingen, kan kort summeres som følger:

- Afprøvning og modifikation af en 2-dimensional black-oil simulator fra Comtech Inc.
- Indkøb, afprøvning og modifikation af en 3-dimensional black-oil simulator, BETA 3A, fra IFE.

- Enkeltbrøndsstudier for DAN-feltet med BETA 3A
- Feltstudier for GORM-feltet med en 2 dimensional simulator
- Feltstudier for GORM-feltet med BETA 3A. Konsulentopgave for ENS.
- Studier vedrørende forbedrede matematiske og numeriske metoder
- Forstudier vedrørende krav til mere avancerede simulatorer med specielt henblik på danske Nordsøreservoirer
- Studier vedrørende indvindingsforbedrende metoder.

Med henblik på de meget lave forventede indvindingsgrader, der karakteriserer de danske Nordsøreservoirer, er interessen for mulige indvindingsforbedrende metoder naturlig. Reservoirgruppen har, også af denne grund, søgt at skaffe sig viden udover det rent simuleringstekniske, blandt andet ved deltagelse i en lang række kurser.

Inden for forsøgsanlægget er indledt et samarbejde med Konstruktionsafdelingen (Sektionen for Strukturel Mekanik) vedrørende matematiske og numeriske metoder, og der tegner sig muligheder for et kommende samarbejde med Kemiafdelingen vedrørende karakterisering af kulbrinter, fx tryk- og temperaturafhængige materialedata og eksperimentelle undersøgelser af multifaseflow i porøse medier.

Den korte tidshorisont (2-3 år), der karakteriserer EFP-projekterne, vanskeliggør en mere langsigtet planlægning af arbejdet, herunder rekruttering og uddannelse af medarbejdere. Den nødvendige bredde og kontinuitet i Risøs arbejde inden for reservoirsimulering og tilknyttede petroleumstekniske emner er kun opnået ved, at indsatsen baseret på EFP-midler er blevet suppleret med en Risø-egenindsats af samme størrelseorden.

Nøjere beskrivelse af visse projekter findes i ref. 5.1. og 5.2.

5.2. Udredningsstudie vedr. to-fase strømningsmodeller for olie/gas rørledninger

Energiteknikafdelingen har lang tids erfaring med såvel udvikling som brug af to-fase strømningsmodeller for vand/damp i forbindelse med nukleare reaktorer. Den voksende offshore sektor i Danmark har været et incitament til at undersøge mulighederne for at anvende denne erfaring i forbindelse med olie/gas rørledninger.

I samarbejde med Instituttet for Kemiteknik på DTH (IKT) og Dansk hydraulisk Institut (DHI) gennemførte Energiteknikafdelingen derfor i 1983 et udredningsstudie vedrørende to-fase strømningsmodeller for olie/gas rørledninger med det hovedformål at formulere et projekt for udvikling eller evt. fremskaffelse af et dansk modelværktøj. DHI har som baggrund generel erfaring med modellering af hydrauliske systemer, mens IKT har stor ekspertise vedrørende termodynamik for olie/gas multikomponent blandinger. En del af de fundamentale problemer for modellering af olie/gas to-fase strømning i rørledninger er de samme som for vand/damp. Hertil kommer specielt for olie/gas rørledninger: 1. Forekomsten af den "terræn inducerede slugging", dvs. skiftevis store væske- og gasklumper forårsaget af væskeansamlinger i de lavest liggende rørsektioner; 2. Det kompositionelle problem: en olie/gasblanding indeholder i praksis en lang række kulbrinter (komponenter) med forskelligt blandingsforhold i gas- og væskefasen, således at separate massebalancer for komponenterne i hver af de to faser i princippet er nødvendige for transiente beregninger.

De eksisterende kommercielt tilgængelige olie/gas to-fase strømningsmodeller, hvoraf nogle repræsentative blev undersøgt bl.a. ved hjælp af relevante testeksempler, viste sig kun at kunne behandle statisk (steady-state) to-fase strømning

og med anvendelse af rent empiriske modeller for friktions-trykfald, strømningssmønster etc. Herudover er i hvert fald to udenlandske transiente olie/gas to-fase modeller under udvikling, begge med brug af separate væske- og gashastigheder og med fænomenologiske submodeller for friktionstrykfald, strømningssmønster etc., men uden korrekt behandling af det kompositionelle aspekt.

Udredningstudiet konkluderede, at der er tilstrækkelig baggrundsviden i Danmark for en udvikling af en dansk to-fase strømningssmodel for olie/gas rørledninger gerne ud fra en eksisterende vand/damp model. Det blev anbefalet at udvikle en transient og fuldt kompositionel model. Simulering af terræninduceret slugging blev udpeget som det første delmål for denne strømningssmodel, men med en generel to-fase strømningssmodel for olie/gas som det endelige mål.

Nøjere beskrivelse af projektet findes i ref. 5.3.

6. Kul

6.1. Karakterisering af polycyclisk organisk materiale (POM) i røggasser fra kulfyrede forbrændingsanlæg og undersøgelse af deres omdannelse i atmosfæren.

Kemifdelingen har undersøgt luftforureningen med kræftfremkaldende og mutagene forbindelser fra boligopvarming, transport og el-produktion. Bidraget til luftforureningen med polycycliske aromatiske kulbrinter (PAH) fra biler er ca. 25%. En anden vigtig kilde er boligopvarmningen. Kulfyrede kraftværker bidrager derimod med mindre end 1%. Evt. ændringer i samfundets energiforbrugsmønstre i perioden 1976 - 1982, fx brændeovne versus oliefyr, synes ikke at have influeret på luftforureningsniveauet med PAH. Benz(a)pyren har i mange år været anvendt som indikator for forureningen med PAH, men må imidlertid bedømmes at være uegnet, eftersom det kunne påvises, at benz(a)pyren forholdsvis hurtigt omdannes i atmosfæren.

I atmosfæren foregår der en omdannelse af de emitterede POM til forbindelser med andre mutagene og kræftfremkaldende egenskaber. På dette område er der leveret betydningsfulde bidrag til det internationale forskningsarbejde. Indsatsen har hovedsagligt været fokuseret på reaktioner af PAH med nitrogendioxid og salpetersyre. Flere nitro-PAH, som ikke tidligere har været identificeret, er blevet påvist at være til stede i atmosfæren. Undersøgelserne har ligeledes givet en øget forståelse af dannelsesmekanismerne for disse forbindelser, og bl.a. har det været muligt at påvise, at nitro-PAH i atmosfæren kan dannes via en "reaktionsvej", som man ikke tidligere har været opmærksom på.

Projektet har således ført til en udbygning af det videnskabelige grundlag for forståelsen af de miljøeffekter, som kan være forbundet med vores forbrug af energi til elproduktion, opvarmning og transport.

En nærmere omtale af resultaterne findes i ref. 6.1 - 6.5.

6.2. Højtemperatur korrosion - Metal Dusting

I forlængelse af de indledende litteraturstudier under EFP 82 er et eksperimentelt forsøgsprogram påbegyndt i samarbejde med Haldor Topsøe A/S. Et udstyr, hvor prøvestykker kan udsættes for atmosfærer under kontrollerede omstændigheder, er blevet bygget på HTAS's pilotanlæg i Frederikssund.

Konstruktionsmaterialer for temperaturområdet 400-900°C spænder fra ulegerede kulstofstål via rustfrie stål til nikkellegeringer. Prøver på disse udsættes for atmosfærer, som er tæt på at udskille sod, og som har iltaktiviteter afstemt efter legeringskomponenterne jern, krom og nikkel. Samtidig udføres undersøgelser af prøver fra industri- og pilotanlæg, hvor man har oplevet metal dusting. Projektet er blevet accepteret som bidrag til det fælleseuropæiske COST 501 samarbejdsprogram om materialer for systemer til konvertering af konventionelle energikilder. Det første projektmøde afholdtes i Bruxelles i oktober 83.

6.3. Udvikling af edb-model til vurdering af miljøeffekter ved forskellige energiforsyningsalternativer

Projektet har til formål at udvikle et EDB-program til bedømmelse af de miljømæssige konsekvenser over en længere periode ved givet valg af energisystem.

Indtil nu er der udviklet en model for spredning af forurening i atmosfæren og deposition på jorden. Modellen kan behandle flere kildepunkter anbragt i et geografisk område og kan således beregne koncentration i luft og deponering på jorden af et udvalgt forurenende stof på et vilkårligt sted i det geografiske område. Modellen kan tage hensyn til, at det spredte stof omdannes kemisk i atmosfæren og til, at det uomdannede stof og omdannelsesproduktet opfører sig forskelligt under transporten i atmosfæren. Modellen er indrettet på denne måde for bl.a. at kunne behandle SO₂ og NO_x.

Denne spredningsmodel har været anvendt i forbindelse med Miljøstyrelsens Forsuringsudvalgs arbejde til bedømmelse af forsurens betydning for materialeskader hidrørende fra f.eks. korrosion.

Der er desuden udarbejdet en model, der beskriver, hvordan jordbundens kemiske forhold påvirkes af de stoffer, der tilføres jorden, herunder også påvirkning af sur regn. Desuden findes et delprogram, som kan beregne, i hvilket omfang visse plantearter optager forurenende stoffer.

Næste trin vil være at holde regnskab med brugen af de afgrøder, der optager de forurenende stoffer, for dermed at få et indtryk af hvilke mængder af disse stoffer, der optages af dyr og mennesker.

Nøjere beskrivelser af projekterne findes i ref. 6.6 - 6.10.

6.4. Forundersøgelse vedrørende tryksat fluid-bed kulforbrænding, PFBC

Tryksat fluid bed forbrænding af kul, PFBC (pressurized fluidized Bed Combustion) er en teknologi, som rummer muligheder for fremtidens energiforsyning. Dette både vurderet ud fra en økonomisk og en miljømæssig synsvinkel.

I et PFBC anlæg foregår forbrændingen af kul under tryk i området 10-20 atm. Energien i forbrændingsprodukterne udnyttes ved først at lade dem ekspandere gennem en gasturbine og derefter at sende dem gennem en dampkedel. Den første proces er stadig under afprøvning og udvikling.

Et PFBC anlæg har en højere virkningsgrad end konventionelle kulstøvsfyrede anlæg. Endvidere er det muligt at imødekomme kommende miljøkrav, hvad angår emission af SO₂ og NO_x, med en samlet anlægsinvestering, som er mindre end for et konventionelt anlæg.

Derimod er PFBC-teknologien teknisk kompleks, fordi der både er involveret gas- og dampturbineanlæg.

Som en del af en igangværende forundersøgelse af PFBC teknikken er der i 1983 blevet udarbejdet 8 rapporter (ref. 6.11-18), omhandlende følgende emner: Generelle aspekter vedrørende fluid bed, kulforbrænding, beskrivelser af tryksatte fluid bed anlæg, materialeproblemer, askeanvendelse og -deponering, miljøforhold vedrørende røgens sammensætning, økonomiske vurderinger og endelig forsøgsresultater fra Risø's atmosfæriske fluid bed forsøgsanlæg. Disse rapporter giver en oversigt over forskellige aspekter vedrørende PFBC anlæg suppleret med eksperimentelle resultater fra Risø's atmosfæriske fluid bed forsøgskedel (AFB).

På fig. 1 ses en halvt gennemskåret skitse af Risø's AFB, mens fig. 2 viser resultater fra forsøg udført med kalktilsætning på dette anlæg.

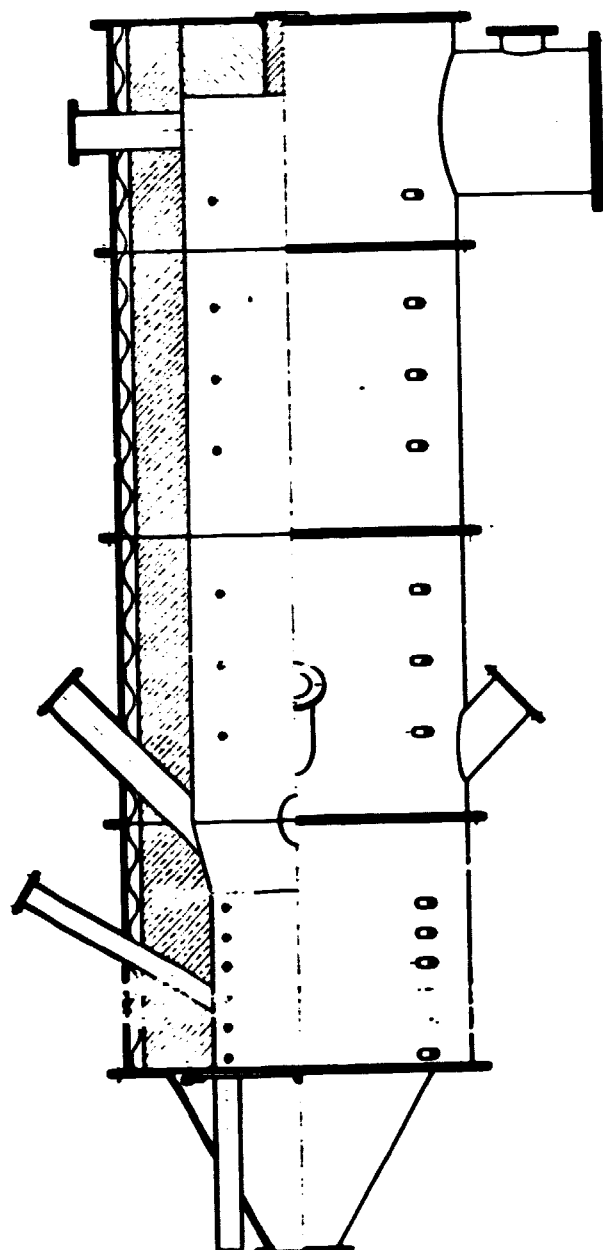


Fig. 1. Riser's AFB forsøgskedel.

Data for kedel:

Beddiameter	0.5 m
Bedhøjde ca.	0.4 m
Freebord højde ca.	2.6 m
Indfyret effekt	200 - 300 kW
Fluidiseringshast.	0.8 - 1.5 m/s

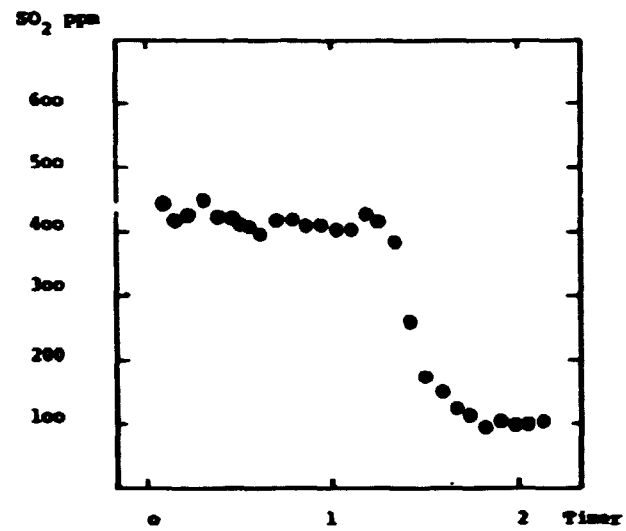


Fig.2. Reduktion af røggassens indhold af SO₂ efter tilsætning af CaCO₃ til forbrændingsprocessen i Rises atmosfæriske fluid bed forsøgskedel.

7. Uran

7.1. Udvinding af Kvanefjeldets uran

Indledning

Uranprojekt Kvanefjeld var fællesbetegnelsen for to integrerede projekter, "Uranudvindingsforsøg, Kvanefjeld" og "Forundersøgelsesprojektet Kvanefjeld". Projektet var første fase i de undersøgelser af malmforekomsten ved Kvanefjeld i Sydgrønland, hvis formål var at tilvejebringe det nødvendige grundlag for at vurdere de tekniske, økonomiske og miljømæssige forhold ved en industriel udnyttelse af forekomsten. Uranprojekt Kvanefjeld har omfattet geologiske og minetekniske, proceskemiske og procestekniske, økonomiske og miljømæssige undersøgelser. Projektet blev gennemført i perioden 1978-83 indenfor rammerne af de energiministerielle energiforskningsprogrammer.

Geologi og minedrift

Kvanefjeld er en del af den Proterozoiske alkaline Ilimaussaq intrusion. Den dominerende uranførende bjergart er en nephelinsyenit, benævnt lujavrit, i hvilken det vigtigste uranmineral er fosfosilikatet steenstrupin. Steenstrupin har et uranindhold på omkring 1%. Lujavrit findes udbredt som lag og linser mellem andre bjergarter, og er blottet over store dele af Kvanefjeld.

Den uranførende lujavrit kan brydes i en åben mine. Der er udarbejdet brydningsskitser for en sådan mine med henblik på bestemmelse af placering, dimensioner, tonnage og uranindhold af brydeværdig bjergart. Skitserne er baseret på explorationsresultater og geostatistiske ressourceberegninger. Det er beregnet, at der kan brydes 56 mill. tons uranholdig lujavrit (malm) med et gennemsnitligt indhold på 365 gram uran pr. ton malm (svarende til 20.400 tons U). Dette kræver, at der brydes 136 mill. tons bjergart. Projektskitserne viser således, at det gennemsnitlige forhold mellem malm og ikke-malm er 1,0:1,4, hvilket er gunstigt for brydning i åben mine.

De udarbejdede brydningsplaner, baseret på en årlig produktion af 4,2 mill. tons malm viser, at et område i den nordlige del af forekomsten egner sig bedst til produktionsopstart.

Kvanefjeldsmalmen er også vurderet med henblik på indhold af evt. biprodukter. Analyser viser, at foruden uran indeholder forekomsten relativt høje koncentrationer af grundstofferne Li, Be, F, Mn, Ga, Y, Zr, Nb, Sn, La, Ce, Sm, Yb, og Th. Der er imidlertid ikke gennemført særskilte beregninger af disse grundstoffers tonnage.

Uranekstraktion

Lujavrit har et stort indhold af natriumrige silikater; disse opløses lettere i syre end det uranholdige steenstrupin, hvorfor traditionel uranekstraktion med svovlsyre ikke kan anvendes. Til sådanne syreforbrugende malme er der udviklet en metode, hvor uran udtrækkes med en natriumkarbonatopløsning. Denne metode er videreudviklet på Forsøgsanlæg Risø med specielt henblik på uranmalmen fra Kvanefjeld. Den udviklede metode forudsætter høj temperatur og højt tryk (Carbonate-Pressure-Leaching metoden).

Uranmineralet steenstrupin bliver ikke egentligt opløst under processen, men sønderdelt ved en kombineret kemisk-mekanisk proces. De for processen bestemmende kemiske faktorer er reaktionstemperatur, karbonatkonzentration og ilttryk. De mekaniske faktorer formalingsgrad, væske/faststofforhold og turbulens har væsentlig indflydelse på reaktionstiden. Laboratorieforsøg viser en optimal udludningstemperatur på 260°C, en lud indeholdende 120 g/l NaHCO_3 og 20 g/l Na_2CO_3 og et ilttryk på 6 bar. Når malmen formales til 80% mindre end 74 μm , kan det ekstraherbare uran fås i opløsning på 20-40 min. Udbyttet varierer fra 50-95%. Den uranholdige lud anvendes på ny til ekstraktion af frisk malm for at øge uranindholdet i luden. Uran i karbonatluden kan enten udskilles ved fældning eller ved reduktion. Fældning foretages med NaOH, hvorved der dannes $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7$ ("yellow cake"). Reduktion foretages med jernpulver ved 260°C i en autoklave, og uran reduceres til UO_2 .

Pilotanlæg

Der er etableret et pilotanlæg til undersøgelse af processens egnethed i industriskala. Anlæggets kapacitet er 3 m³ suspension pr. time. Ved et væske/faststofforhold på 1 ton malm til 1 m³ lud kan anlægget behandle 2,2 tons malm pr. time. Forsøgs-materialet er skaffet ved brydning af en 960 m lang tunnel i Kvanefjeldet.

Pilotanlæggets funktion er følgende: Malmen knuses til en kornstørrelse mindre end 7mm. Herefter formales den med luden i en kuglemølle til 80% mindre end 74 µm. En hydrocyklon adskiller kontinuert malmkornene i 2 fraktioner, således at den grovkornede fraktion returneres til kuglemøllen, mens den finkornede fraktion fortsætter i processen. Suspensionen autoklaveres kontinuert i en rørautoklave ved 260°C og 120 bar. Anvendelse af en rørautoklave sikrer ved turbulent strøm en mekanisk påvirkning af suspensionen. Autoklaven er udformet således, at trykket på ethvert sted altid overstiger suspensionens damptryk og derved forhindrer kogning. Den samlede rørlængde er 2300 m. Suspensionen pumpes gennem autoklaven ved hjælp af en stempelmembranpumpe. Der tilsættes ilt fra et flaskebatteri. Efter autoklavering af suspensionen filtreres den uranholdige lud fra på et båndfilter. Uranet udfældes og restluden genanvendes.



Forsøgsresultaterne har bekræftet, at processen kan gennemføres ved anvendelse af den beskrevne teknologi. Med den foreliggende malm er der opnået ekstraktionsudbytte på over 80%. Der er variationer i den nødvendige reaktionstid, idet noget af malmen kan behandles på 20 minutter, mens andet kræver længere tid. Forskelle i evnen til iltoptagelse synes at være af væsentlig betydning for ekstraktionstiden.

Ved drift af pilotanlægget dannes belægninger, "kedelsten", i den del af rørautoklaven, hvor temperaturen overstiger 220°C. Belægningerne kan fjernes ved afsyring. Problemet kræver dog nærmere undersøgelse. Drift af pilotanlægget har medført slitage på rør og ventiler m.m. Under forudsætning af at disse proces tekniske problemer kan løses, kan karbonatudludningsprocessen gennemføres i industriskala med den anvendte teknologi.

Miljø

Kvanefjelds geokemiske sammensætning medfører, at de potentielle forureningskomponenter herfra er meget forskellige fra, hvad man finder ved andre uranforekomster. Karbonatudludningsmetoden bevirker, at langt de fleste forureningskomponenter bliver mindre opløselige i udludningsresten i modsætning til, hvad der er tilfældet ved den hyppigst anvendte sure udludningsmetode. Sulfider findes kun i meget ringe mængde, og evt. dannet syre vil hurtigt neutraliseres i det basiske miljø. Udludningsresten er meget finkornet, hvilket efter deponering medfører en meget lav permeabilitet for såvel væske som gas.

Det er ikke muligt på baggrund af den nuværende information at give en endelig vurdering af minevirksomhedens påvirkning af miljøet. En sådan vurdering vil kræve yderligere undersøgelser af såvel forureningskilder som de nuværende miljøforhold. Desuden må der opstilles kriterier for, hvad der anses for miljømæssigt forsvarligt.

I den periode, hvor minevirksomheden er i gang, vil det formentlig være muligt med passende kontrol- og rensningsforanstaltninger at holde forureningen på et acceptabelt niveau. Efter minevirksomhedens ophør vil såvel det åbne brud som depotet for udludningsrest udgøre potentielle forureningskilder. Der skal findes løsninger til effektiv begrænsning af udsivning af forureningskomponenter fra disse kilder.

De strålingshygiejniske forhold i mine- og udvindingsanlæg er vurderet. Det er fundet, at strålingsdoser i minen kan begrænses til mindre end 1/3 af den fastsatte dosisgrænse. I udvindingsanlægget vil doserne med passende foranstaltninger kunne begrænses til en meget lille brøkdel af den fastsatte dosisgrænse.

Industrianlæg

På grundlag af resultaterne fra de geologiske, minetekniske, kemiske og miljømæssige undersøgelser er et skitseprojekt for et industrianlæg udarbejdet. De dimensionerende parametre for skitseprojektet er malmængden (56 mill. tons), årsproduktionen (4,2 mill. tons) samt udvindingsgraden (85%). Udvindingsgraden er fastsat på grundlag af såvel laboratorieresultaterne som resultaterne af pilotforsøgene.

To placeringsmuligheder for udvindingsanlæg og depot for udludningsrester er undersøgt. I alternativ 1 er udvindingsanlægget placeret i Narssaq elvdal og depotet for udludningsrest i Taseq. I alternativ 2 placeres udvindingsanlægget på halvøen Nugssuak i Nordre Sermilik, depotet for udludningsrest i inderfjorden, Tasiussarssuk.

Formålet med alternativ 2 er at belyse de teknisk/økonomiske virkninger ved flytning af udvindingsanlægget bort fra mineområdet, virkningen på den sociale infrastruktur, når befolkningstilvæksten deles på 2 geografisk adskilte områder, samt de miljømæssige forhold ved to forskellige placeringer af depot for udludningsrester.

Minevirksomheden forventes at beskæftige 560-600 personer. Derudover vil etablering af virksomheden skabe beskæftigelse for yderligere 350-400 personer i følgeerhverv. Af virksomhedens direkte ansatte forventes 50% at være hjemmehørende i Grønland, i følgeerhvervene er andelen 90%.

Etablering af en minevirksomhed med 560-600 personer ansat forventes at medføre en befolkningstilvækst i området på ca. 1400 personer. I Narssaq by vil befolkningstilvæksten medføre en udvidelse af boligmassen på henholdsvis 42.000 m² og 20.000 m² etageareal for de to alternativer. Befolkningstilvæksten vil medføre et øget behov for butikker, institutioner og anlæg for fritidsaktiviteter. Der må således regnes med udlæg af områder til nærbutikker, samt udvidelse af kapaciteten i småbørnsinstitutioner og skole.

Som energiforsyning til virksomheden forudses den elektriske energi leveret fra et vandkraftanlæg ved Johan Dahl Land, og den termiske energi leveret fra et kulfyret varmekværk. Det antages, at varmekværket etableres som en integreret del af minevirksomheden, hvorimod vandkraftanlægget etableres som et separat selskab. Elektricitetsforbruget er beregnet til 225 GWh/år. Kulforbruget til max. 46.000 tons/år (ca. 271 GWh/år).

Økonomi

De økonomiske beregninger for minevirksomheden er baseret på en 15-årig produktionsperiode med en behandling af 4,2 mio. tons malm pr. år. Ved 85% udbytte produceres 1500 tons uranoxid pr. år. De samlede investeringer er beregnet til 3 mia. kr. Importandelen er beregnet til en værdi af 1 mia. kr. Driftomkostningerne er beregnet til 121 kr./ tons malm de første 7 år faldende til 115 kr /tons malm fra det 8. år. Reduktionen i driftsomkostningerne skyldes et faldende kemikalieforbrug som følge af fjeldets indhold af natriumsilikat. Ved en udvindingsgrad på 85% og en ledighed på 365 ppm vil driftsomkostningen på 121 kr./tons malm svare til US\$ 17/lb U₃O₈.

De i dag kendte reserver af uran i den vestlige verden er beregnet til 1,7 mio. tons. Der er i dag en overproduktion af urandi xid. Efter 1987 forventes forbruget at overstige produktionen, hvorfor ny produktion må etableres fra omkring denne periode. I år 2000 forventes forbruget af uran at være 2,5 til 3 gange forbruget i 1980. Uran handles dels på et spot-marked, dels på langtidskontrakter. Prisen på spot-markedet er i september 1983 US\$ 24/lb U_3O_8 og forventes i 1984 at stige til US\$ 30/lb U_3O_8 . Prisen for uranoxid på langtidskontrakter er en del højere end spotmarkedsprisen, og er i beregningerne i skitseprojektet fastsat til US\$ 35/lb U_3O_8 .

De økonomiske beregninger er foretaget i Dkr. (prisniveau 1. kvartal 1983) med anvendelse af en dollarkurs på US\$ 8,74. Samtlige økonomiske beregninger er eksklusive skatter og afgifter. Værdien af eventuelle biprodukter er ikke medtaget. På grundlag af den beregnede anlægsinvestering, driftomkostninger, samt den planlagte produktion og de dertil knyttede indtægter er der opstillet pengestrømsbilleder. Med en salgspris på US\$ 35/lb U_3O_8 og en udvindingsgrad på 85% opnås ved en 15 årig produktion en intern rente på 10.5%.

Minevirksomhedens indflydelse på den grønlandske samfundsekonomi er vurderet. Beregninger viser, at projektets årlige bidrag til bruttofaktorindkomsten i anlægsfasen i gennemsnit udgør 260 mio. kr., eller ca. 10 % af Grønlands samlede bruttofaktorindkomst på ca. 2,7 mia. kr. I driftfasen udgør projektets bidrag til bruttofaktorindkomsten ca. 740 mio. kr. pr. år eller ca. 25% af bruttofaktorindkomsten. Af de 740 mio. kr. er ca. 70% forrentning og afskrivning.

Resultaterne af forundersøgelserne viser, at der er tekniske og økonomiske incitamentter til at videreføre udviklingsarbejdet, og en naturlig fortsættelse vil bestå i et anlægskonceptstudie med tilhørende geologiske, minetekniske og miljømæssige undersøgelser. Udgifterne hertil er skønsmæssigt anslået til 30 mio. kr. Studiet vil i givet fald kunne gennemføres indenfor en to-årig periode.

Et egentligt anlægsprojekt vil tidligst kunne iværksættes i 1987. En industriel uranudvinding kan påbegyndes i 1992 og nå fuld kapacitet i 1994. Det tilføjes, at beslutning om videreførelse af udviklingsarbejdet træffes af regeringen og det grønlandske landsstyre.

Nøjere beskrivelse af projekterne findes i ref. 7.1 - 7.11.

8. Fusion

Risø's fusionsforskning støttes med EFP-midler på to måder:

8.1. Euratoms bidrag til dansk fusionsforskning kanaliseres til Risø's forskningsgruppe via EFP-bevillinger. I 1983 er der arbejdet dels med en EFP-81 og dels med en EFP-83 bevilling. Disse midler benyttes til at støtte det generelle program, som kort beskrives nedenfor under 8.1.

8.2. Energiministeriet betaler via EFP-80 og EFP-82 det udviklingsarbejde inden for pilleinjektorsystemer, der er beskrevet nedenfor under 8.2.

8.1. Det generelle fusionsforskningsprogram på Risø.

Fysikafdelingens plasmafysiksektion varetager opgaver, som spænder fra grundlæggende plasmafysik til fusionsrelateret forskning og udvikling. Aktiviteterne er en del af det fælles-europæiske fusionsprogram, som koordineres af Euratom og omfatter dels associeringsaftaler med de nationale laboratorier, dels det fælleseuropæiske forsøgsanlæg JET. Arbejdet herunder vurderes løbende af internationale komiteer.

Programmet omfatter følgende arbejdsområder:

- a) Grundlæggende plasmafysiske undersøgelser med relevans for fusionsforskning.
- b) Undersøgelser af muligheden for at opvarme et tæt tokamak-plasma ved hjælp af ECRH (Electron Cyclotron Resonance Heating). Dette er en ny aktivitet, hvor eksperimentelt arbejde vil starte på Dante (Danish Tokamak Experiment) i løbet af 1984.
- c) Pille-plasma-vekselvirkningsundersøgelser i Dante.

- d) Opbygning af et Thomson-spredningsmåleudstyr for JET. Udstyret vil blive opstillet ved JET og taget i brug i 1. halvdel af 1984.

8.2. Pilleinjektion.

Store, hurtige piller af fast brint kan muligvis bruges til tilførsel af brændstof i kommende fusionsreaktorer, og samtidig er mindre og langsommere piller vel anvendelige til studie af plasmaparametre i eksisterende plasmaeksperimenter. Det eksperimentelle arbejde inden for pilleinjektion består dels i at udvikle og opbygge udstyr til acceleration og injektion af piller, og dels i at studere vekselvirkningsprocesser mellem hurtige partikler og overflader af fast brint.

På Risø er der gennem nogle år bygget injektorer til brug ved Dante, og Risø har i begyndelsen af 1983 færdigopstillet en pilleinjektor ved en tokamak, TFR, ved Centre d'Etudes Nucleaire i Paris. Injektoren har siden da kørt uden væsentlige tekniske problemer. Der er opbygget en opstilling, hvor 2 mm piller er accelereret til hastigheder over 1400 m/s. Denne injektor er opbygget således, at det er let at skifte til en anden pillestørrelse, det er sågar muligt at skifte til de helt små piller, der er brug for i visse plasmaeksperimenter.

På Risø har man arbejdet videre med en metode, hvor man vil accelerere en pille med en elektrisk udladning i et lukket kammer bag pillen. Man håber, at denne metode kan give højere hastigheder end de hidtil anvendte metoder.

For overflader af fast brint er der gennem nogle år studeret processer som sekundær elektronemission, elektrontilbagespredning, indtrængningsdybde for elektroner og ioner, o.s.v. Der arbejdes nu med udvikling af metoder til undersøgelse af erosion forårsaget af partikkelbombardement.

Nøjere beskrivelse af projekterne findes i ref. 8.1.

10. Vindenergi

10.1. Prøvestationen for mindre vindmøller - vindkraft- teknologisk udvikling.

Prøvestationen udfører vindkraftteknologisk F&U arbejde ved siden af det af Energistyrelsen finansierede godkendelses- og standardafprøvningsarbejde.

Programoplægget for 1983 var

- 1) Drift af målesystem
- 2) Udvikling af godkendelseskriterier
- 3) Bedre beregningsmetoder for stallregulering og optimalisering af energiproduktion.
- 4) Beregningsmetoder for luftbrenser
- 5) Målinger og beregninger af møllernes belastning og levetid.
- 6) Forsegsmøllen
- 7) Regulering af møller i turbulent vind
- 8) Udvikling af forenklede målemetoder
- 9) Komponentprøvestande.

Med henblik på at forbedre elproduktionen og stallreguleringen (pkt.3) af en mølle har Prøvestationen som konsulenter for en vingefabrikant udført aerodynamiske beregninger og ydet anden støtte til design af nye længere blade. Efterfølgende er en rotor med disse blade afprøvet med henblik på elproduktionen og stallegenskaberne. Endvidere er de dynamiske belastninger målt, (pkt. 5.). Den nye rotor kan formodentlig øge elproduktionen for 55 kW møller med ca. 25% uden voldsomt forøgede belastninger.

For at belyse de problemer, aerodynamiske beregninger altid giver i stallområdet, er den i Danmark mest benyttede rotor brugt i et sæt intensive målinger (pkt. 3).

El-produktionens og flapmomentets variation med vinhastigheden er målt og benyttet til at deducere bedre profildata for det anvendte profil. Dynamiske belastninger (pkt. 5) er samtidig studeret. Derved er det blevet demonstreret, at effektudkøjning giver uforholdsmæssigt store belastninger.

Arbejdet med luftbremser (pkt. 4) er fortsat. En simpel beregningsmodel er etableret. Det er konstateret ved talrige målinger, at et typisk problem for luftbremser er en upålidelig aktiveringsmekanisme. Prøvestationen har assisteret en vingefabrikant med et ændret design, der skulle hjælpe på problemet.

En ny mikroprocessorstyring til erstatning for de traditionelle relæstyringer er blevet afprøvet sammen med fabrikanten. Resultaterne er meget lovende.

På den eksisterende prøvestand for statisk belastning af vinger er flere vingers statiske styrke blevet testet (pkt. 9). Man har også udviklet en metode til måling af spændingsfordeling i møllenav (pkt. 9) og flere nav er gennemgået. Endvidere har man udviklet en belastningsanordning, som ved vingernes egenfrekvens kan undersøge vingernes styrke overfor dynamiske belastninger. I første omgang benyttes denne facilitet til at finde svage punkter, men det er tanken at udvide målingerne til noget, der ligner en levetidsmåling (pkt. 9 og 5).

Et større måleprojekt på en 265 kW mølle i Koldby er gennemført. Resultaterne er ved at blive analyseret (pkt. 8).

Et betydeligt arbejde er lagt i implementeringen af Prøvestationens særkender - et standardafprøvningsprogram for vindmøller (pkt. 8) - og i udbygningen af systemgodkendelsessystemet (pkt. 2).

En medarbejder har arbejdet på en bog om vindmøller specielt udfra et strukturelt synspunkt og med nogen vægt på regulering af møller (pkt. 7). En mere udtømmende beskrivelse af prøvestationens arbejde findes i ref.10.1., hvor også en detaljeret litteraturliste findes.

10.2. Nordisk Vindmølle-Katalog

På en bevilling fra Nordisk Ministerråd, betalt af Energiministeriet, har Prøvestationen udarbejdet et vindmølle-katalog for møller produceret i Skandinavien, ref. 10.2.

Kataloget indledes med en 9-siders gennemgang af de anvendte begreber. Samtidig beskrives typiske løsningsvalg for de forskellige dele i en vindmølle.

I kataloget gives for hver mølletype tekniske specifikationer for rotor, blade, luftbremser, gear, generator, krøjesystem, mekanisk bremse, styring, tårn, vægte. Endvidere gives med kurve og tal en oversigt over møllens konstaterede egenskaber som anvendelse, effektkurve, afprøvning, støjmålinger, godkendelser, produktionsstatus og pris, i det omfang sådanne er tilgængelige. Kataloget omfatter 37 danske og 2 svenske typer. Skævheden demonstrerer primært den meget store interesse, netop Danmark og dansk industri har vist vindmøllerne.

Det er besluttet at kataloget skal holdes opdateret, da den hurtige udvikling betyder, at det hurtigt forældes.

10.3. Vind/Diesel-projekt

Nordisk ministerråd har bevilget penge til et eksperiment, der skal belyse og løse problemer i forbindelse med sammenkøring af en vindmølle og et dieselaggregat på et svagt elektrisk net. Projektet er interessant, fordi vindmøllers økonomi er specielt god på steder, hvor man ellers benytter dyr diesel-motorgenereret elektricitet.

Projektet vil blive udført i et samarbejde med Chalmers tekniske Højskole, Göteborg, og med firmaer, som viser interesse for projektet.

Væsentlige delopgaver er dels at tilrettelægge en driftsstrategi for vindmølle og dieselmotor, som under forskellige vind- og elforbrugs-forhold giver optimalt økonomisk udbytte, og dels et studium af dynamiske vekselvirkninger mellem mølle og diesel.

10.4. Tilskud til Horsens teknikum og TEE0-projektet

Disse projekter er kun delvis præstations-projekter, idet Præstationens rolle er på ministeriets vegne at følge projekterne, men ikke direkte at deltage.

Horsens teknikum udfører nogle undersøgelser på vindmøller, der som hovedformål har en supplerende af uddannelsen for nogle ingeniørstuderende med specielt henblik på vindmølleteknologi.

TEE0-projektet er et teknologivurderingsprojekt angående en branches brug af EDB og datakommunikation. Projektet finansieres af Teknologirådet og P & T. I den forbindelse opbygger vindmøllebranchen under Præstationens medvirken en program- og data-base på Risø's regneanlæg B7800. Bevillingen dækker brugen af B7800.

10.5. Vindfeltets ændring på mesoskala, JYLEX

Baggrund

Af hensyn til placerings- og økonomiovervejelser vedrørende opstilling af vindkraftanlæg er det vigtigt at råde over nøjagtige metoder til beregning af vindfeltets ændring ved strømning over ændringer i landskabets karakter, specielt ved strømning fra vand til land. I "Vindatlas for Danmark" blev sådanne metoder behandlet, men under udarbejdelsen af vindatlasen blev det klart, at det ville være ønskeligt med forbedringer af disse metoder.

Metode

Projektets væsentligste del består i registrering og analyse af måledata indsamlet over en flerårig periode fra 4 master opstillet i afstande fra 0 til ca. 25 km fra Ringkøbing fjord i Vestjylland. Hver mast er instrumenteret til måling af vindhastighed og retning samt temperatur og fugtighed i flere højder. Herudover måles tryk og mere specielle parametre: maksimale vindstød, turbulente fluxe og stråling.

Status

Målingerne startede i begyndelsen af 1982, efter at en del arbejde var medgået til at finde de bedst egnede mastplaceringer. På nær få afbrydelser har instrumenterne kørt tilfredsstillende til dato. Nogle mere specielle instrumenter (flux-, vindstøds- og strålingsmålere) blev først opsat senere, og derfor videreføres målingerne indtil september 1984, således at alle instrumenter vil have kørt sammenhængende i mere end 1 år. På nuværende tidspunkt analyseres de indsamlede data, som løbende bliver konverteret og lagret på regnemaskine.

Resultater

Foreløbige analyser af dataene har været koncentreret om kontrol af nøjagtigheden og viser, at datasættet generelt er af særdeles god kvalitet og tæthed i tid. En lang række specielle analyser ud over de primære i projektet forventes på denne baggrund at kunne føre til en væsentlig foregelse af vor viden indenfor meteorologi på mikro- og mesoskala. Med hensyn til det primære formål for projektet viser dataene en ændring af middelvindhastigheden (i 24 m højde) fra kystplaceringen til mast 4, 25 km indlands, på ca. 30%. Denne ændring er meget nær den ændring, som forventes udfra vindatlasset, men en endelig vurdering af dette aspekt og en række andre aspekter af interesse for pladsundersøgelser for vindkraft afventer mere tilbundsående analyser, som vil foretages i nærmeste fremtid.

10.6. Strømning over bakker

Projektet, hvis officielle titel er " Local Wind Flow Measurements", er organiseret gennem det Internationale Energiagentur's program for FoU i Vindkraft (IEA R & D WECS) og er en del af Task II: " Study of Local Wind Flow at Potential WECS Hill Sites".

Fornålet med studiet er at verificere de bedste af de modeller, der i dag eksisterer til beregning af vindstrømningen over topografiske former, der betinger en tilvækst i det naturlige vindkraftpotentiale.

Ved en egentlig udnyttelse af vindkraft er sådanne placeringer af yderste vigtighed for rentabiliteten af de opførte anlæg; selv ved moderat gunstige placeringer er en 100t's foregelse af årsproduktionen sandsynlig (typisk dansk bakke, 20 m høj, 200 m lang). På egentlige højdedrag kan fordelene være endnu større. Den er imidlertid ret afhængig af den enkelte bakkes form, og derfor er en investering i verificerede modeller for fænomenet yderst rimelige.

Specifikt går eksperimentet ud på at opsætte en stor mængde vindmåleudstyr på og omkring en enkelt bakke, hvis geometri er så enkel (symmetrisk), at instrumentmængden begrænses mest muligt; mængden bliver i forvejen så stor, at intet enkelt land umiddelbart ville være i stand til at udføre opgaven.

I udvælgelsesfasen for en egnet bakke har hvert land foreslået et eller flere sites. Kompromiset blev en bakke foreslået af UK, der er beliggende på de Ydre Hebrider, nordvest for Skotland (57°10'N, 7°20'W). Dels var denne bakke med omliggende terrain den mest ideelle; dels ville den geografiske placering ikke være afgørende for det samlede projekt, idet der under alle omstændigheder ville blive tale om transporter af udstyr, f.eks. fra Canada til her, eller omvendt.

I perioden 14. sep. til 15 okt. 1982 udførtes 1. fase og i samme periode i 1983, 2. fase af dette felteksperiment. Antallet af deltagere var ca. 25 personer fra de følgende institutioner:

Atmospheric Environment Service, Canada

Risø National Laboratory, Danmark

University of Hannover, F.R. Germany

Building Research Establishment, U.K.

ERA Technology Ltd., U.K.

University of Canterbury, New Zealand.

University of Oxford, U.K.

Risø stod i begge faser for opsætning og instrumentering af to 50 m høje stålgyttermaster: En opstrøms (RS), og en på toppen (HT) af bakken "Askervein", samt for recordering af 4 sonic-anemometre på HT. Yderligere 1 af vore sonics anbragt på RS recorderedes af Canadierne sammen med deres eget sonic-anemometer anbragt på masten der. Detaljer fremgår iøvrigt af rapporten: ASKERVEIN'82 : Report on the September/October 1982 Experiment to study Boundary Flow over Askervein, South Vist, af Taylor og Teunissen, AES.

De resultater, der er opnået ved en foreløbig analyse af dele af de indsamlede data, ser lovende ud. En egentlig data-analyse vil blive påbegyndt i begyndelsen af 84. Der vil ligeledes i 84 blive afholdt en workshop, muligvis i Toronto, hvor de opnåede resultater, også med hensyn til modelstudier og teoretiske overvejelser, skal diskuteres.

10.7. Norm for belastninger på vindmøllekonstruktioner.

Der eksisterer på nuværende tidspunkt ikke et samlet dimensioneringsgrundlag for vindmøllekonstruktioner. Vindmøller dimensioneres således efter designerens eget valg, dvs ved hjælp af lærebøger, artikler, computerprogrammer udviklet på forskningsinstitutionerne, ved hjælp af konsultativ bistand fra samme, i særdeleshed Prøvestationen for Mindre Vindmøller, samt ved hjælp af erfaring og intuition.

Risø har derfor foreslået Energiministeriet at iværksætte udarbejdelse af en norm eller anvisning. Arbejdet er blevet formaliseret, idet der er blevet nedsat et normudvalg under Dansk Ingeniørforening. Arbejdet er som nævnt rettet mod at forbedre vindmøllekonstruktørens designredskaber, samtidig med at beregningsgrundlaget gøres ensartet for hele landet. Normudvalget består af ingeniører fra vindmølleindustrien og forskningsinstitutionerne, som har beskæftiget sig med udvikling af vindenergisystemer i en årrække. På denne måde vil det være muligt at drage størst mulig nytte af den eksisterende erfaring. Desuden støttes udvalget aktivt af Risøs vindenergi-program for at fremskynde det planlagte arbejde.

10.8. Veksellasters betydning for udmattelse af vindmøllerotorer

Projektet er en fortsættelse af et tidligere projekt med samme formål, nemlig at udvikle en metode til at forudsige en rotorkonstruktions levetid både mht. egentlig udmattelse af konstruktions materialerne og ekstreme belastninger af samme.

Den udviklede model indeholder en model af rotorstrukturen, modeller for deterministiske belastninger så som tyndekræfter, tårnskygge eller stuvning, "windshear" og aerodynamiske middelbelastninger samt en model for den stokastiske belastning fra vindens turbulens. Modellen er lineær således, at det er muligt af foretage beregningerne i frekvensdomænet. Konstruktionens respons kan herved beskrives som en Fourier serie (den stokastiske del), som underkastes en samlet statistisk behandling for bestemmelse af ekstremlaster og levetid.

Ved at foretage responsberegningerne i frekvensdomænet spares der væsentlig på tidsforbruget af datamaten ved gennemregning af det store antal nødvendige lasttilfælde samtidig med, at beregningsmetoderne er blevet konsistente. Arbejdet er blevet rapporteret september 1983, (ref. 10.8.) og modellen er blevet verificeret på Nibe B med gode resultater.

10.9. Kompositmaterialer

På grundlag af de opnåede erfaringer ved konstruktion og bygning af Nibe-møllerne har Metallurgiaafdelingen startet et program, som omfatter udvikling og optimering af vindmøllerotorer gennem studier af materialevalg, gennemførelse af materialeforsøg (specielt langtidsforsøg) og studier af fabrikationsteknologi og komponentafprøvning.

Der er i 1982 og 1983 gennemført målinger af udmattelsesegenskaber på materialer af glasfibre i polyester med samme opbygning som anvendt i Nibe-vingernes bærende bjælke. Der er endvidere ydet assistance ved materialevalg, fabrikationsteknologi, samt assistance ved afprøvning af vinger til danske vingefabrikanter.

Kompositmaterialers egenskaber er i mekanisk henseende sammenlignelige med eller bedre end traditionelle metaller og legeringers. Kompositmaterialer kan derfor forventes at have et bredt spektrum af anvendelsesmuligheder i forbindelse med energikonverterende anlæg. Udviklingsindsatsen vil med udbytte kunne styrkes, idet andre anvendelsesområder for kompositmaterialerne i energisektoren kan inddrages.

11. Biomasse

11.1. Kemisk konvertering af biomasse

Kemiafdelingen har gennem litteraturstudier og laboratorieforsøg undersøgt muligheder for kemisk omdannelse af biomasse, specielt halm, direkte til energirige flydende brændstoffer og råkemikalier. Resultaterne af de gennemførte forsøg svarer i store træk til, hvad tilsvarende udenlandske studier har vist med andre former for biomasse. Det er således muligt at omdanne biomasse (halm) direkte til en syntetisk "råolie" med et relativt højt energiindhold. Da råproduktet er viskøst, korrosivt og inhomogent, er den brændstofmæssige kvalitet dårlig. Samtidig er den kemiske sammensætning så kompleks, at en umiddelbar udvinding af råkemikalier heller ikke er realistisk. Forsøgene har dog vist, at kvaliteten af det syntetiske brændstof kan forbedres gennem en efterfølgende hydrokrakning. Imidlertid har især udenlandske analyser vist, at de økonomiske perspektiver for denne form for biomassekonvertering er nedslående. Projektet er derfor blevet afsluttet (pr. 1/1-83) og yderligere undersøgelser af denne form for biomassekonvertering kan ikke anbefales.

Nøjere beskrivelse af projektet findes i ref. 11.1.

STØTTETEKNOLOGIER

13. Varmpumper

13.1. Gasdrevet varmepumpe

På Risø er opbygget en prototype varmepumpe, hvor drivkraft og varmepumpning leveres af to koblede Rankine-processer. Projektet blev påbegyndt i 1981 og gennemføres i samarbejde med firmaet Thomas Ths. Sabroe og Laboratoriet for Køleteknik, DTH.

Formålet med projektet er kort fortalt at udvikle et mindre gasdrevet varmepumpeanlæg, som arbejder med en effektfaktor større end 1 i forhold til den anvendte primærenergi, d.v.s., det producerer mere varmeenergi end det forbruger af drivenergi. I modsætning hertil vil en mindre eldreven varmepumpe ofte arbejde med et energiforhold mindre end 1, når tabet på kraftværket medregnes.

En væsentlig del af det planlagte måleprogram er gennemført, hvor det i første omgang drejer sig om at undersøge anlægskonceptet samt at dokumentere systemets egnethed til opvarmningsformål med henblik på primærenergibesparelser.

Det fortsatte arbejde sigter mod lokalisering af detailproblemer samt videreudvikling med henblik på overførsel til dansk industri.

13.2. Absorptionsvarmepumpe - Risø

I årets løb er opbygget en fleksible forsøgsopstilling med henblik på bl.a.:

- at opnå praktisk erfaring i at arbejde med absorptionssystemer baseret på NH_3 og H_2O .
- at opnå et detaljeret kendskab til de termodynamiske delprocesser i praksis.
- at danne basis for udvikling af komponenter

- at demonstrere, hvad der i praksis kan opnås med et simpelt $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ anlæg
- at danne basis for dimensionering og udformning af en prototype

Forsøgsanopstillingen står ved årets udgang praktisk taget færdig. Indledende forsøg er kørt med et kun delvis færdigt (uisoleret) anlæg, og en effektfaktor (primær energi) på ca. 1,3 er målt. En noget højere effektfaktor forventes opnået senere.

15. Energilagring

15.1. Undersøgelse af lithiumlegeringer

Som negativ elektrode i lithiumbatterier, og specielt i faststofbatterier, forventes lithiumlegeringer at give fordele i forhold til ren lithium. En legeringselektrode ændrer ikke sit volumen ret meget under op- og afladning, og risikoen for dendritvækst nedsættes stærkt. Prisen for dette er nedsat energi- og effekttæthed. De såkaldte intermetalliske "forbindelser" giver desuden forholdsvis konstant celledspænding indtil total op - eller afladning, hvorefter spændingen ændrer sig hurtigt. Lithium danner binære intermetalliske forbindelser med grundstofferne i 2., 3. og 4. hovedgruppe og 1. og 2. sidegruppe i det periodiske system.

Legeringsdannelsen undersøges ved sammensmeltning af bestanddelene i et Differential Termo Analyse apparat, og ved cyklisk voltammetri undersøges legeringernes evne til at optage og afgive lithium, når der påtrykkes en ydre elektrisk spænding. Legeringer af lithium med calcium, indium, tin eller cadmium har givet de største strømtætheder, op til 2 mA/cm^2 .

I det mindste nogle af legeringerne kan fremstilles som folier med stort areal ved elektrolytisk udfældning af lithium på en plade af legeringselementet. Legeringsdannelsen sker under udfældningen. Dette er blevet grundigt undersøgt med aluminium. Ved fuldstændig omdannelse falder elektroden i stykker, men efterlades en del af pladens tykkelse, overflødiggøres en egentlig strømsamler. Elektroder med en oplagret elektricitetsmængde på 15 C/cm^2 på $0,1 \text{ mm}$ tyk aluminiumplade er blevet fremstillet rutinemæssigt. Disse elektroder kan op - og aflades med god effektivitet med strømtætheder på op til nogle mA/cm^2 .

15.2. Li-anoder (Risø/Hellesen projekt)

I samarbejde med Hellesen A/S undersøges fremstillingsmetoder og egenskaber af Li-anoder i primære Li-thionylchlorid batterier, der fremstilles kommercielt hos Hellesens.

Et avanceret måleudstyr er opbygget og ved hjælp af dette er udført målinger af dannelsen af passiveringslag på Li-anoder, dels i standard batterier dels i batterier med specielle elektrolytter. Målingene, der nu er foretaget over en periode på ca. 150 dage, har vist, at opbygningen af det passiverende lag afhænger af sammensætningen af elektrolytten, og at det ved specielle sammensætninger er muligt af reducere opbygningen af dette lag betydeligt. Dette arbejde har resulteret i 2 konference bidrag, i 1983 (ref. 15.2.1, 15.2.2) og et tredje vil blive præsenteret i år, ref. 15.2.3.

15.3. Kemisk energilagring ved hjælp af metalhydrider

I Metallurgiafdelingen er et kemisk energilagringssystem under afprøvning. Lageret har en kapacitet på ca. 2 kWh bestemt som brændværdien af den hydrogen, der kan optages i lagertankens 800 g magnesiumpulver.

Lagersystemet er opbygget, således at den kemiske reaktion:



foregår i mindre moduler, patroner, der er indesluttet i en tryktank.

Den modulære opbygning er ikke blot hensigtsmæssig ved en forsøgsopstilling, men løser også en række problemer som sikkerhed under fremstilling, pakning af pulver med nedsat hydrogenflow og varmetransport.

De hidtidige resultater viser, at systemet er egnet som korttidslager ud fra teknologiske betragtninger, (andre synsvinkler er omtalt senere) omend en række optimeringsundersøgelser rester.

Den relativt høje reaktionstemperatur, $>300^{\circ}\text{C}$, er intet problem ved hydrogenlagringen, da opvarmning af blot et ganske lille område er tilstrækkelig til at starte den exoterme proces, som derefter ved egen varmet frigørelse kan køre til ende.

Frigørelse af den bundne hydrogen kan blive et praktisk problem, hvis varme ved den nødvendige temperatur ikke er til rådighed. I så fald må noget af hydrogenen bruges til at opvarme til procestemperaturen og fastholde denne. Dette vil reducere lagerets kapacitet med ca. 1/4.

Hele cyklustiden fra magnesium over hydrid tilbage til magnesium kan gennemføres på 1-2 timer afhængig af varmeledningsforholdene. Den optimale tid for processen er under 20 min.

Varmefordelingsforhold er undersøgt og vil næppe volde vanskeligheder ved en praktisk lagerkonstruktion.

Stabilitet ved langtidsforsøg viser, at en hel daglig cyklus er mulig i flere år med små tab i kapacitet og praktisk taget uden ændring i reaktionshastighed. Levetiden bliver en afvejning af tilladelige kapacitetstab og krav til hydrogenrenhed, eftersom de væsentligste kilder til tab er oxygen og vanddamp, der begge fører til dannelse af magnesiumoxid.

Indeslutning af findelt magnesium med samtidig fri passage af hydrogen er løst ved hjælp af sitrede metalfiltre. Keramiske filtre kan anvendes, men vil især i større dimensioner give problemer på grund af lav termisk udvidelse.

En økonomisk evaluering forestår endnu, da denne for at være realistisk må afspejle forholdene ved en praktisk anvendelse, hvor fx forbrug og oplagring veksler hyppigt. En experimental bestemmelse af lagerets effektivitet under variabel belastning er under forberedelse.

Et problem er også, at der ikke findes egnede små elektrolyseanlæg på markedet. Hydrogentrykket på de billigere anlæg er i underkanten af det anvendelige (< 7 atm), og foreløbig synes tørring af hydrogen under højere tryk så dyr, at gevinsten ved den billige direkte tryksætning forsvinder. Hvis ikke dette billede ændres - hvad der dog er tegn til - vil de kemiske lagre næppe være realistiske for små vindenergianlæg.

15.4. Materialeforskning til batterier og brændselsceller

Metallurgiaafdelingen og Fysikafdelingen har fortsat et samarbejde om udvikling og undersøgelser af faststofionledere specielt med henblik på at anvende disse til nye typer batterier. Arbejdet omfatter både grundvidenskabelige studier af visse materialegrupperes fundamentale egenskaber og mere teknologisk orienterede projekter, hvor ionledende materialer med potentielle anvendelsesmuligheder fremstilles og karakteriseres. Der er opbygget omfattende udstyr med henblik på at fremstille disse materialer under kontrollerede forhold og at karakterisere dem med hensyn til elektriske-, termiske- og strukturelle egenskaber.

Blandt de grundvidenskabelige studier skal nævnes et omfattende arbejde med rene og dopede fluoritsystemer. Resultaterne fra dette arbejde vil kunne anvendes på en stor gruppe af strukturelt set ækvivalente iltionledere, der har anvendelsesmuligheder i iltmålesonder og brændselsceller.

Inden for de mere anvendelsesorienterede projekter har Risø en fremtrædende rolle med hensyn til fremstilling og karakterisering af de såkaldte komposit elektrolytmaterialer. Da disse materialer er tæt på en kommerciel anvendelighed, indgår de som elektrolytter i de nuværende forsøg på at fremstille egentlige battericeller.

I søgningen efter nye faststofionledere med høje ledningsevner er fundet en ny materialegruppe af alkaliionledere (alkali-tantal eller niobiumhexaklorider), hvoraf kalium modifikationen har den hidtil højeste kendte kaliumionledningsevne ved 300°C.

Den nuværende udvikling går i retning af at inkludere brændselscellematerialer, dvs. proton- og iltionledere samt tilhørende elektroder, i arbejdet. Den seneste tids internationale udvikling i retning af at anvende tyndfilmsteknologien inden for området er også inkluderet i arbejdet, idet et RF-sputter

anlæg, der kan fremstille såvel elektronisk som ionisk ledende tyndfilm, er bevilget over EFP84-midlerne.

Et arbejde med at kombinere den eksisterende viden inden for hydridlagring i metaller og elektrokemisk energikonvertering til at fremstille et hydridbatteri er under forberedelse. Endvidere vil der blive arbejdet med undersøgelser af generelle elektrokemiske processer i batteri- og brændselscelle sammenhæng. I det omfang, der er ressourcer til rådighed, vil det blive vurderet, hvorvidt de udviklede metoder kan anvendes til at studere ækvivalente problemer som f.eks. katalyse- og korrosionsfænomener.

15.5. Varmelagring i grundvandsreservoir

Demonstrationsanlægget

Som følge af en stor lækage gennem lerdæklaget i sommeren 1983 kunne forsøgskørsel først startes i begyndelsen af september 1983. Forsøgsinjektion blev afsluttet i 1. uge af oktober, da der på dette tidspunkt ikke længere var tilstrækkelig store mængder overskudsvarme til rådighed. I alt var der da blevet nedpumpet 562 Gcal. Efter en periode på 3 uger blev varmetilbageleveringen påbegyndt. Oppumpningstemperaturen var på dette tidspunkt ca. 80°C, og med en returtemperatur på 65°C var det en begrænset mængde varme, der kunne tilbageleveres. I alt blev det til 7 Gcal. Bedre genvindingsprocent kunne ikke forventes p.g.a. den ringe fyldningsprocent af lageret (ca 10%) og af de meget høje temperaturgradienter ved 1. cyklus med høj temperatur.

Næste forsøgscyklus forventes påbegyndt i maj 1984. Data fra forsøget i 1983 er under vurdering.

Matematiske modeller

Når resultaterne af 1983 forsøget er færdigbehandlede, vil en sammenlignende simulation af kørslen blive foretaget.

Et program til udtagning af isothermer i såvel lodret som vandret plan på basis af målte temperaturer er blevet færdiggjort. Nøjere beskrivelse af projektet findes i ref. 15.1.

Udvalgte steder

Da der kun er midler til prøveboringsprogram på én lokalitet, foreslås det, at den bedste mulighed, som er i Herning-området, vælges. DGU sender sin foreløbige rapport for Århus-området til kommunen, og forbereder undersøgelser i Herning.

15.6. Forundersøgelser vedrørende lavtemperaturvarmelager

I midten af november måned 1983 påbegyndtes en 80 m dyb boring på Risø's område. Imidlertid nåede man kun ned i 61 m dybde på grund af sammenskridning af boringen i kalklaget. Kalklagets top lå i 40 m dybde. Boringen vil imidlertid alligevel blive brugt til videre undersøgelser. Herefter vil der blive taget stilling til det videre program.

15.7. IEA-samarbejde vedr. varmelagring i grundvandsreservoirer

Der har i 1983 været afholdt ekspertmøde i Schweiz og i Danmark samt Executive Committee møder i Paris og Stockholm.

Derudover har der, da det planlagte ekspertmøde i Minneapolis, U.S.A. blev aflyst, været arrangeret uformelle møder mellem danske og amerikanske eksperter.

STØTTEFUNKTIONER

18. Udredninger og dokumentation

18.1. Den teknologiske udvikling og dennes betydning for udformningen af det fremtidige energisystem

I 1982 påbegyndte energisystemgruppen en udredningsopgave med det formål at analysere den forventede teknologiske udvikling af betydning for det danske energisystem i perioden frem til år 2030. Opgaven blev iværksat som en opfølgning på EP-81. Den af Energiministeriet nedsatte økonomigruppe for langsigtet energiplanlægning har fungeret som følgegruppe for projektet.

Ud over Energisystemgruppen har en række andre afdelinger på Risø samt danske og udenlandske forskningsinstitutioner, universiteter og virksomheder bidraget til projektet ved udarbejdelse af bilagsrapporter.

Hovedvægten i projektet er lagt på de energiteknologier, der vurderes at få direkte eller indirekte betydning for de store faste energidistributionssystemer (gas, fjernvarme og el). Desuden er der lagt særlig vægt på at karakterisere de langsigtede tendenser, der kan være af betydning for de beslutninger om systemudbygning, der skal træffes allerede i dette århundrede.

Projektet behandler primært perioden 2000 - 2030, idet projektet som sit udgangspunkt har anvendt situationen i år 2000, som den vil se ud efter de officielle planer. Med den tidshorisont projektet beskæftiger sig med, er analysen naturligvis forbundet med meget stor usikkerhed så vel med hensyn til udviklingen af de enkelte teknologier som med hensyn til den samfundsøkonomiske udvikling og energiprisernes udvikling. Som udgangspunkt for systembetragtningerne er der derfor valgt at opstille to væsensforskellige scenarier.

Disse repræsenterer tilsammen et spænd af muligheder, der kan tjene til at vurdere under hvilke betingelser, der måtte opstå indpasningsmæssige problemer for energiteknologier.

Udkast til slutrapport er udsendt primo 1984 og denne forventes færdigbehandlet af økonomigruppen i april 1984, hvorefter endelig rapporten vil blive udsendt.

18.2. EDB-registrering af dansk energi FoU

Risø Bibliotek foretager en løbende indsamling og edb-registrering af dansk energilitteratur og danske energiforskningsprojekter. På grundlag af registreringsprojektet er der indgået en aftale om udveksling af energiinformation mellem U.S. Department of Energy og de nordiske energimyndigheder. Risø Bibliotek fungerer som koordinationscenter for denne aftale, hvorved Danmark har fået en central placering i det nordiske energiinformationssamarbejde.

Oplysninger om dansk energilitteratur og danske energiforskningsprojekter indgår, afhængig af emne og niveau, i følgende energiinformationssystemer:

- a) Energy Data Base (U.S. Department of Energy)
- b) Nordisk Energi Indeks (Risø Bibliotek samt tilsvarende energibiblioteker i de øvrige nordiske lande)
- c) Coal Data Base (IEA Coal Research Technical Information Service)
- d) Energiforskningsprojekter i Norden - Katalog (Nordisk Ministerråd).

Biblioteket søger at fremme anvendelse af ovennævnte systemer gennem oplysningskampagner af forskellig art, såsom udsendelse af informationsmateriale til potentielle brugergrupper og præsentation på energimesser/udstillinger.

Sammenfattende kan det siges, at registreringsprojektet

- medvirker til at udbrede kendskabet til dansk energiforskning,
- sikrer at Danmark kan indgå informationsudvekslingsaftaler med andre lande og derigennem få adgang til væsentlige informationssystemer inden for energiområdet, samt
- danner grundlag for dansk deltagelse i nordiske energiinformationsprojekter.

18.3. Information

Risø bistår energiministeriet med at informere om energiforskningsprogrammerne på udstillinger landet over. Et hovedelement har været deltagelse i de store messer i Bella Centret og i Herninghallerne, men der er også gennemført en lang række mindre, lokale arrangementer. Der har i informationsvirksomheden været behandlet emner fra alle forskningsprogrammernes områder. Aktiviteterne fortsættes, idet det planlægges at tilbyde landets folkebiblioteker et udstillingsmateriale.

Risø bistår også energiministeriet med sekretariatsopgaver, fx for ministeriets styregrupper for kulforskning og for forskning i industrielle processer.

RESSOURCER

Den indsats, som i de foregående afsnit blev beskrevet som 35 enkeltaktiviteter, involverer direkte medarbejdere i de fleste af Risøs afdelinger og anlæg. Mange projekter gennemføres med medvirken fra flere afdelinger, hvorigennem Risøs muligheder for at gennemføre opgaver i projektorienteret tværfaglige organisation demonstreres. De fleste projekter har udbytte af den tekniske og administrative service, der kan ydes, fx af centralværksted, tegnestue og regnemaskineanlæg. Tabel 3.1. indeholder oplysninger om de energiministerielle projektmidler, der er til rådighed for de forskellige aktiviteter, men ikke de midler, der tilføjes projekterne af anden art fra Risøs egne bevillinger eller tilskud fra EF og nordiske forskningsprogrammer. Det ses, at der foreligger bevillinger på i alt 129.2 mio kroner frem til 1985. Ud af disse modtager Risø 11.4 mio kr. som underleverancer til andre energiministerielle programmer. De midler, der tilgår Risø, dækker ikke de totale omkostninger ved projekternes gennemførelse, men dækker alene de netto meromkostninger, som Risø må afholde. I modsætning hertil beregner Risø sig i forbindelse med kommercielle kontrakter et løbende "overhead" på 100-200%. De fleste af de energiministerielle projekter gennemføres som anvendelsesorienterede projekter, der viderefører den ekspertise, der er opbygget ved mangeårigt arbejde på Risø. Fig 3.1. viser den del af de totale energiministerielle midler, som er bevilget til Risø, og figur 3.2. giver regnskabsoplysninger om de hidtil forbrugte midler. Det fremgår, at store dele af bevillingerne medgår til fremmede tjenesteydelser, dvs. kanaliseres gennem Risø til underleverandører. Sluttelig giver tabel 3.2 en oversigt over Risø-repræsentationen i styregrupperne.

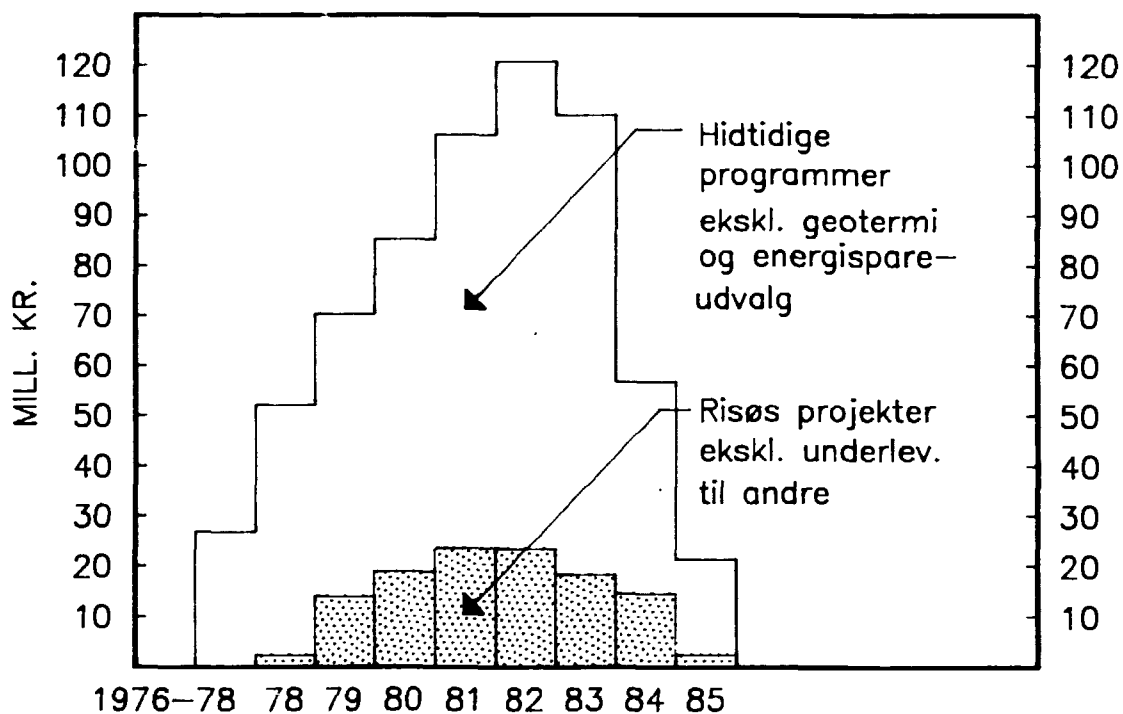


Fig. 3.1 Risø's projekter, som del af de samlede energiministerielle programmer

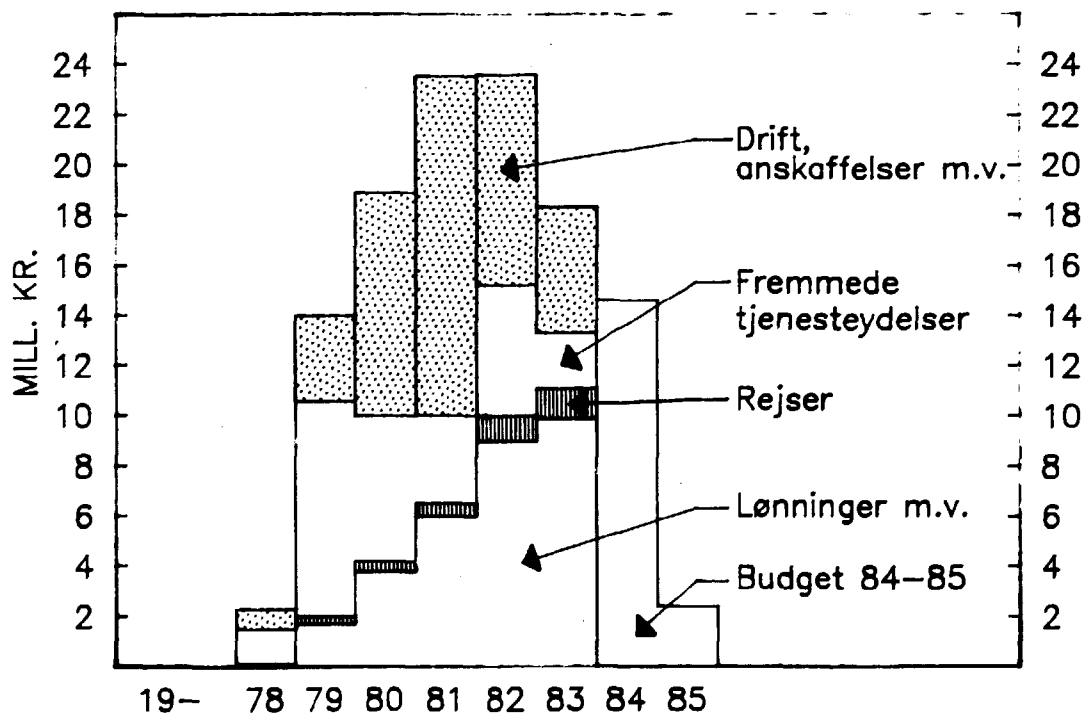


Fig. 3.2 Risø's bevillinger af EFP-midler opdelt efter anvendelse

TABEL 3.1.

	EM 1&2	EFP80	EFP81	EFP82	EFP83	UNDER LEV	TOTAL
1 Industrielle processer					400	1.705	2.105
2 Landbrug		600			200		800
3 Transport						1.470	1.470
4 Olie & gas			1.100	1.725	1.310		4.135
5 Kul				1.200	2.800	320	4.320
6 Uran	36.450	4.000		1.200	915	690	43.255
7 Fusion	7.000	3.000		2.000	2.600		14.600
8 Sol						295	295
9 Vind	5.000	2.900	4.090	6.125	4.750	7.800	30.665
10 Biomasse			540				540
11 Varmepumper			650	600	750	100	2.100
12 Fyring & for- branding				600			600
13 Energilagring	6.650	1.850	5.435	2.525	4.420		20.880
14 Udredninger, internat.sam- arbejde m.v.		1.200		490	885	920	3.495
Sum	55.100	14.740	13.025	17.615	17.370	11.410	129.260

Oversigt over de dele af de energiministerielle forskningsprogrammer, der forvaltes af Risø. Beløbene angiver kun en del af de midler, der er til rådighed for projekterne, idet midler, der tilføres fra Risøs egne bevillinger eller andre kilder ikke er medregnet

Tabel 3.2. - Risø repræsentation i styregrupper

Styregruppe vedrørende	Risø repræsentant	Kommentarer
- energianvendelse i bygninger	Ingen	
- industrielle processer	Civing. Niels Kilde, energisystemgruppen	
- energianvendelse i jordbrug	Ingen	Kt.chef Ib Skovgaard er medlem af Risøs bestyrelse
- planteproduktion i væksthuse	Civing. N.E. Kaiser, energiteknikafd.	
- energianvendelse i transportsektoren	Civing. E. Adolph, metallurgiafd.	
- olie og gas, indvinding og lagring	Underdirektør Ingvar Rasmussen	
- kulforskning	Direktør Niels E. Busch	Civing. Knud Møllénbach er sekretær
- kulforekomster i Grønland	Ingen	
- uran	Underdirektør Ingvar Rasmussen	Ing. Jørgen Jensen er leder af uranudv.-forsøg
- solenergi	Civing. lic.tech. Hans Larsen, energisystemgruppen	
- præstationen for mindre vindmøller	Afd.leder, dr.phil. J. Als Nielsen	Civing. C.J. Christensen er projektleder
- større vindkraftanlæg	Underdirektør H. Bjerrum Møller	
- vandkraft i Grønland	Ing. Jørgen Jensen, kemiafdelingen	
- biomasse	Ingen	Kt.chef Ib Skovgaard er medlem af Risøs bestyrelse
- fjernvarme	Civing. Jens Houmann, regnemaskineanlægget	
- varmepumper	civing. J. Leth, konstruktionsafd.	
- fyrings- og forbrændingsteknik	Civing. Aksel Olsen, energiteknikafd.	
- energilagring	Afd.leder, dr.techn. Niels Hansen, metallurgiafd.	

REFERENCELISTE

- 1.1. Risøs indsats i forbindelse med energiministeriets forskningsprogrammer, sept. 82, Risø-M-2362.
- 2.1. Jørgen Smedegaard, KSTR/FSEK/Risø Udnyttelse af lavtemperaturvarme til elektrisk eller mekanisk energiproduktion, Organic Rankine Cycle System, EFP-81,- 82,- 83, j.nr. 22432.
- 5.1. Niels Bech, Risø, Jørgen Knudsen, DONG, Knud Ladekarl Thomsen, Risø Undersøgelse og afprøvning af den tredimensionale "Black-Oil" reservoirsimulator BETA3A, Risø-M-2396, april 1983.
- 5.2. A. Winther, DGU Selection of an Enhanced Oil Recovery Method, Risø-M-2394, apr. 83.
- 5.3. Ole Rathmann & Henrik Dall, Risø, Chr. Reedtz Funder, DTH, Michael Brorsen & N.E. Hoff-Clausen, DHI Two-Phase Flows in Oil/Gas Pipelines EFP-83.
- 6.1. Torben Nielsen The formation and Presence of Nitro Derivatives of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Atmosphere. Proceedings of Vith World Congress in Air Quality 16-20 May 1983 Paris Vol.1. 239-243.
- 6.2 Torben Nielsen, Thomas Ramdahl, Alf Bjørseht The Fate of Airborne Polycyclic Organic Matter. Environmental Health Perspectives 47 104-114 (1983).
- 6.3. Torben Nielsen Isolation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Nitro Derivatives in Complex Mixtures by Liquid Chromatography. Analytical Chemistry, 55 286-290 (1983).
- 6.4. Eva Brorstrøm, Peringe Grennfelt, Anne Lindskog, Åke Sjødin og Torben Nielsen Transformation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons During Sampling in Ambient Air by Exposure to Different Oxidized Nitrogen Compounds and Ozone. International Symposium on Polynuclear Aromatic Hydrocarbons, 7 201-208.

- 6.5. Torben Nielsen,
Bernhard Seitz,
Anna Maria Hansen,
Kristian Keiding og
Bjarne Westerberg The Presence of Nitro-PAH in
Samples of Airborne Particulate
Matter. International Symposium
on Polynuclear Aromatic Hydrocar-
bons, 7 961-970
- 6.6. C.F. Højerup, Risø Spredning af forurening med vin-
den, Energiteknikafdelingen,
Risø, MIL-1-83.
- 6.7. C.F. Højerup Spredning af forurening med vin-
den. Spredning af et stof, der
under transporten omdannes til
et andet stof, Energiteknikaf-
delingen, Risø, MIL-2-82.
- 6.8. Knud Brodersen Vandkemi i øvre jordlag. Fore-
løbige bidrag til model af på-
virkningen med sur regn m.m.
Kemi/Energiteknik, Risø,
MIL-3-83.
- 6.9. Peer Bo Mortensen Foreløbig rapport af nærings-
salts- og tungmetalsoptagelse
i markafgrøder, Energiteknik-
afdelingen, Risø RP-8-83.
- 6.10. Peer Bo Mortensen Datamateriale for jordkemimodel-
len - Fase 1, Energiteknikaf-
delingen, Risø, RP-12-83.
- 6.11. Aksel Olsen Forundersøgelse vedrørende tryk-
sat fluid-bed forbrænding, EM
j.nr. 22528-202, statusrapport
1983-07-01.
- 6.12. Peter Stoholm Tryksat fluid-bed forbrænding
af kul i kraftværksanlæg,
generelle aspekter, delrapport 2,
EM j.nr. 22528-202, juli 83.
- 6.13. Per Ottosen Gennemgang af nuværende og kom-
mende kulfyrede tryksat fluid-
bed anlæg, delrapport 3, EM
j.nr. 22528-202, juni 83.
- 6.14. K. Rørbo Metalliske materialer i tryksat
fluid-bed anlæg til kulforbrænd-
ing., delrapport 4, EM j.nr.
22528-202, juni 83.
- 6.15. Vagn Voldbro Tryksat fluid-bed forbrænding af
kul i kraftværksanlæg, deponering
og anvendelse af flyveaske,
delrapport 5, EM j.nr. 22528-
202, juni 83.

- 6.16. Peter Stoholm Tryksat fluid-bed forbrænding af kul i kraftværksanlæg, miljøforhold, delrapport 6, EM jr.nr. 22528-202, juni 83.
- 6.17. Per Ottosen Tryksat fluid-bed forbrænding af kul i kraftværksanlæg. Udenlandske vurderinger af kapitalomkostninger og elpriser, delrapport 7, EM j.nr. 22528-202.
- 6.18. Lars Hansen Forsøgsresultater fra fyring med lav svovlholdige kul (ca. 0.8% S) i Risø atmosfæriske fluid-bed. Herunder indledende forsøg med kalktilsætning til nedbringelse af svovlemission, delrapport 9, EM jr.nr. 22528-202, august 83.
- 7.1. Uranprojekt Kvanefjeld, hovedrapport, december 83.
- 7.2. Susanne Koefoed Filtrering, laboratorieundersøgelser, november 83.
- 7.3. Arne Sørensen Måling af fluorid-koncentrationen i Narssaq elv i forbindelse med tunneldrivningen i Kvanefjeld 1979-1981, august 83.
- 7.4. Per Kalvig Preliminary Mining Assessment of the Uranium Resource at Kvanefjeld, the Ilimaussaq Intrusion, South Greenland, Risø 1983.
- 7.5. Kim Pilegaard Preliminary Environmental Impact Statement for the Kvanefjeld Uranium Mine, Risø 1983.

- 7.6. Per Kalvig A Preliminary Pit Slope Stability Study, Kvanefjeld, South Greenland, Risø 1983.
- 7.7. Emil Sørensen, Susanne Koefoed, Torkild Lundgaard Uranudvinding ved udludning med natriumkarbonat under højt tryk og høj temperatur, Risø 1983.
- 7.8. Arne Sørensen Strålehygiejniske problemer i forbindelse med brydning af uranmalm i Kvanefjeld og oparbejdning af uran, august 1983.
- 7.9. Uranprojekt Kvanefjeld, Samfundsøkonomisk vurdering, Risø, sept. 1983.
- 7.10. Arne Sørensen Lovgivningsmæssige rammer for uranudvinding på Grønland med særlig henblik på sikkerheds- og miljømæssige forhold, august 83.
- 7.11. Leif Kristensen Meteorological Measurements at Kvanefjeld in the Period Sept. 1979 - March 1983, June 1983.
- 8.1. Se ref. liste i Annual Progress Report 1983, Risø-R-501.
- 10.1. Physics Department. Annual Progress Report 1983, Risø-R-501.
- 10.2. T.Friis Petersen Nordisk katalog over vindmøller, Nordisk Ministerråd, dec. 83.
- 10.8. P.H. Madsen, S. Frandsen, W.E. Holley, J.C. Hansen Dynamic analysis of windmill rotors for lifetime prediction, July 1983. Kontraktrapport 102/43/51.
- S. Frandsen, P.H. Madsen Wind induced failure of windturbines. Presented at conf.: "Design against wind induced failure", 12-13 Jan. 84, Bristol UK.
- 11.1. Asger B. Hansen, Niels Chr. Nielsen, B. Skytte Jensen og Dorte Platz Kemisk konvertering af biomasse til energirige flydende brændstoffer og råkemikalier.
- 11.2. E.S. Jensen Kvælstofforsyning ved biologisk N-binding. Foredrag sept. 83
- 11.3. A.J. Andersen, og E.S. Jensen Udnyttelse af jord- og gødningskvælstof i blandinger og renbestande af byg og ært. Nordisk Jordbrugsforskning 65(2), 277, 1983.

- 11.4. Haahr, V. Kvalstofforsyning ved biologisk kvælstofbinding, Marken nr. 2: 12-14, 1983.
- 11.5. E.S. Jensen Residual value of dried pea cultivation. EEC workshop: Legumes in Tillage systems, Toulouse, 28-30 juni 1983, foredrag.
- 11.6. E.C. Engvild, G. Nielsen Distinguishing rhizobia by electrophoresis of isoenzymes. In: Advances in Nitrogen Fixation Research, (Eds. C. Veeger, W.E. Newton), Martinus Nijhoff, Haag, 336, 1984.
- 11.7. Leif Skøt Cultivar and strain effects on the symbiotic performance of pea (*Pisum sativum* L.). *Physiologia Plantarum* 59: 585-589, 1983.
- Leif Skøt Cultivar and strain effects on nitrogen fixation and soluble carbohydrates in the pea-Rhizobium-symbiosis. Licentiatafhandling. Institut for Molekylær Biologi og Plantefysiologi, Aarhus Universitet, 1983.
- Leif Skøt, Helge Egsgaard Ononitol and 0-methyl-scylo-inositol in pea root nodules. *Advances in Nitrogen Fixation Research* (eds. C. Veeger, W.P. Newton), Martinus Nijhoff, Haag: 524,m 1984
- Leif Skøt, Helge Egsgaard Cylitols in pea root nodules. *Planta* (under trykning).
- 11.8. L. Rosendal Rhizobium strain effects on yield and bleeding sap amino compounds in *Pisum sativum*. *Physiologia Plantarum* (under trykning).
- 11.9. Leif Skøt Relationship between C_2H_2 reduction H_2 evolution and $^{15}N_2$ fixation in root nodules of pea (*Pisum sativum*) *Physiologia Plantarum* 59: 481-484, 1983.
- 11.10. Torben Larsen En undersøgelse af 12 fungiciders effekt. Specialeafhandling ved afdelingen for Mikrobiel Økologi, Københavns Universitet, 1983.

- 11.11.I. N.E Nielsen Vesicular-arbuscular mycorrhiza in field-grown crops. I. Mycorrhizal infection in cereals and peas at various times and soil depths. New Phytologist 93: 401-413, 1983.
- 15.2. J.R. Owen, B.C.H. Steele, Imp.College, London, & T. Steen Nielsen, O. Toft Sørensen, Risø Thin film lithium aluminium negative plate material. Abstract, presented at 4th Int. Conf. on Solid State Ionics. To be published in Conf. proceedings.
(Special issue of Solid State Ionics)
- M. Mogensen, metallurgi, Risø 9. Nordiske Korrosionsmøde-NKM 9-København, 12-14 sept. 83.
- M. Mogensen, metallurgi, Risø The a.c. Response of Lithium, Stainless Steel and Porous Carbon Electrodes in Thionyl Chloride Solutions. To be presented at: 2nd Int. Meet. on Li Batteries, Apr. 25-27, 1984, Paris.
- 15.7. J. Hagelskjær, J.A. Leth, J. Mortensen Underground Heat Storage in Hørsholm, Denmark. International conference on Subsurface Heat Storage - in theory and practice, Stockholm, June 6-8, 1983.

APPENDIX 1

Status vedrørende i EFP-84 tilsagn

Risø vil gennemføre en række projekter under EFP-84. Budgetrammen inden for de enkelte projektområder er vist nedenfor, og der er ligeledes angivet det beløb, der pr. 15. juni 1984 er modtaget tilsagn om. Det bemærkes, at visse tal indeholder beløb, som vedrører omkostninger hos andre deltagere i projekterne, men hvor det samlede beløb administreres af Risø. Andre tal indeholder beløb, som Risø på lignende måde modtager som deltager i projekter, hvor institutioner uden for Risø har projektledelsen. Korte projektbeskrivelser er tilgængelige på Risøs bibliotek og i databasen "Nordisk Energi Index" (se afsnit 18.2).

	Forventet bevilling kkkr	Tilsagn modtaget kkkr
1. Energianvendelse i bygninger	0	
2. Energianvendelse i industrielle processer og apparater	3205	2845
3. Energianvendelse i jordbrugssektoren	825	825
4. Energianvendelse i transportsektoren	0	
5. Olie og naturgas	1565	1565
6. Kul	3310	3110
7. Uran	230	
8. Fusion	2600	
9. Solenergi	0	
10. Vindenergi	5475	5475
11. Anvendelse af biomasse til energiformål	0	
12. Fjernvarme	0	
13. Varmepumper	400	200
14. Fyring-og forbrændingsteknik	200	200
15. Energilagring	4800	4800
16. Innovationsstøtte	0	
17. Internationalt samarbejde	0	
18. Udredninger og dokumentation	1825	

2433

Rise-M-

<p>Title and author(s)</p> <p>THE CONTRIBUTION OF RISØ NATIONAL LABORATORY TO THE RESEARCH DEVELOPMENT PROGRAMS OF THE DANISH MINISTRY OF ENERGY</p> <p>Status per December 1983</p>	<p>Date December 1983</p>
<p>66 pages + tables + illustrations</p>	<p>Group's own registration number(s)</p>
<p>Abstract</p> <p>Since 1978 Risø has been responsible for a number of projects in the research and development programs of the Danish Ministry of Energy. This report gives a review of current and finished projects. All current projects are described briefly, stating status and results obtained, while the results of finished projects are described in more detail.</p> <p>Risø's contribution of the organization and the administration of the programs is mentioned. Finally a list of references is given.</p> <p>Available on request from Risø Library, Risø National Laboratory (Risø Bibliotek), Forsøgslæg Risø), DK-4000 Roskilde, Denmark Telephone: (03) 37 12 12, ext. 2262. Telex: 43116</p>	<p>Copies to</p>